Das
Resorptionsvermögen der intacten Haut
unter der Wirkung des constanten Stromes.

Inaugural-Dissertation

der medicinischen Facultät

der

Kaiser - Wilhelms - Universität Strassburg

zur Erlangung der Doctorwürde

vorgelegt von

Adolf Kahn

aus Pirmasens.

STRASSBURG i. E.
Buchdruckerei C. Gœller, Magdalenengasse 20.
1891.

Gedruckt mit Genehmigung der medicinischen Facultät der Universität Strassburg.

Referent: Prof. Dr. Goltz.

Seinem lieben Vater

sowie dem

Andenken seiner unvergesslichen Mutter

gewidmet vom

Verfasser.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41542727_0080

Die Balneotherapie wirkt nach zwei Richtungen. Erstens will sie durch Verabreichung von Bädern die menschliche Haut stimulieren und so auf reflectorischem Wege die Functionen derselben anregen. Zweitens verfolgt sie den Zweck, den Körper in Badewasser gelöste Stoffe durch die Haut resorbieren zu lassen. So berechtigt die in ersterem Sinne applizierten Bäder, und so wohlthuende und heilsame Wirkung sie haben, umso unbegründeter ist letztere Art. In dieser letzteren Beziehung fehlt der Balneologie jede wissenschaftliche Basis, da man bestimmt weiss, dass die intacte menschliche Haut keiner Resorption von flüssigen Substanzen fähig ist.

Eigentlich ist es von vornherein einleuchtend, dass der Haut eine solche Eigenschaft nicht zukommen darf, denn sonst wäre sie ja das, was sie sein soll, nicht geworden, nämlich das Schutzmittel des Körpers gegen äussere Schädlichkeiten. Gerade der Mediziner weiss diese gute Einrichtung sehr gut zu schätzen, da er täglich die Erfahrung machen kann, dass der Verlust eines minimalen Teils dieser schützenden Hülle Sepsis mit all ihren Complicationen zur Folge hat, wenn er diese „wunde Stelle“ mit einem irgend infectiösen Material zusammen bringt. So klar dies ist, hat es doch ziemlich lange gedauert, bis man wissenschaftlich darüber im Reinen war, erst der neueren Zeit war es

vorbehalten, diese Frage endgültig zu entscheiden. Ich will hier nur diejenigen Autoren citieren, auf Grund deren Resultate wir uns ein Bild von dem heutigen Stand der Lehre von der Hautresorption machen können.

Krause[1]) fand bei einer grossen Reihe von Versuchen, die er sowohl an toter, wie auch an lebender Epidermis machte, immer einen für das Resorptionsvermögen der intacten Haut negativen Schluss, wenn die benützten Substanzen nicht flüchtig waren.

Röhrig[2]) machte eine Reihe von Versuchen und wollte den Uebergang von Flüssigkeit durch die Haut in den Körper erstens: durch chemische Reaktion, zweitens: nach den physiologischen Wirkungen beweisen. Er kam aber nie zu einem positiven Resultate mit Ausnahme der Versuche, bei denen er flüchtige Substanzen genommen hatte. So gelangte er zu dem Schlusse, dass die Resorptionsfähigkeit für ein Arzneimittel blos von seiner Flüchtigkeit oder der Flüchtigkeit seines Lösungsmittels abhänge. Doch gelang es Röhrig, auch dann eine Resorption zu erzielen, wenn er Flüssigkeiten durch Zerstäubung in einen der Dampfform sehr ähnlichen Zustand überführte. Er schreibt diesen Umstand der Intensität, mit der die einzelnen durch die Zerstäubung entstandenen Partikelchen auf die Haut auffallen, zu.

Fleischer[3]) leugnet das Resorptionsvermögen der Haut sogar für flüchtige Stoffe. Salicylsäure wird nach ihm resorbiert, da sie die Kittsubstanz der Hornzellen löse.

---

[1]) Cfr. Wagner's Handwörterbuch der Physiol. Braunschweig 1844, Bd. 2, S. 108.

[2]) Röhrig, Physiol. der Haut. Berlin 1876, Hirschwald. Pg. 74.

[3]) Cfr. Eulenberg, Ziemsen's Handbuch der allgemeinen Therapie I, 3.

Wittich[1]) machte Versuche mit zerstäubten Stoffen, aber immer mit negativem Erfolge; nur wenn die zerstäubten Stoffe auf der Haut eintrocknen, wird nach seiner Meinung resorbiert.

Juhl[2]) stellte ebenfalls mit zerstäubten Stoffen Versuche an und konnte diese immer im Harne nachweisen.

In der Klinik des Herrn Professor Wolff sah man nach stundenlanger Application von Sublimatbädern nie eine Spur von Quecksilber im Urin.

Herr Happel stellte in derselben Klinik Versuche mit einer Reihe zerstäubter Flüssigkeiten an und hatte stets positiven Erfolg, wenn die Zerstäubung längere Zeit andauerte, mindestens eine Stunde. Aetzende Stoffe, welche die Integrität der Epidermis hätten gefährden und so das positive Resultat erklärlich machen können, hält er stets fern.

Nun liegt der Gedanke sehr nahe, dass bislang alle epidermatischen Arznei-Behandlungsmethoden gar keinen Wert gehabt hätten; das wäre doch entschieden zu weit gegangen, und es sei mir gestattet, hier auf einige sehr wichtige Factoren aufmerksam zu machen, welche bei dieser Behandlungsmethode mitspielen.

Erstlich kommen bei Bädern bei völlig ausgeschlossener Absorption secundäre auf reflectorischem Wege hervorgebrachte Wirkungen zu Stande, worauf ich schon am Anfange aufmerksam machte. Die Haut wird mechanisch, chemisch und thermisch gereizt und dadurch ganz gewiss zu energischerer Function veranlasst.

---

[1]) Cfr. Kopp, Breslauer ärztl. Zeitschr. 1885, Nr. 6: Ueber den gegenwärtigen Stand d. Lehre v. d. Res.-Verm. d. menschlichen Haut.

[2]) Untersuchung des Assorptionsverm. d. menschl. Haut für zerstäubte Flüssigkeit. Leipzig 1884.

Dann spielt bei der Application von Arzneimitteln auf die Haut auch die mechanische Gewalt mit, z. B. bei den Einreibungen. Erstlich wird dabei die betreffende Substanz in die Ausführungsgänge der Drüsen gedrückt. Die zu resorbierenden Stoffe können noch mit solchen vermischt sein, welche das Drüsensecret mehr oder weniger lösen und der Resorption die Bahn frei machen. Bei der Einreibungsmethode ist auch daran zu denken, dass doch immer ein Teil der Hornschicht verloren geht, und wird die Einreibung gar noch mit einer Seife vorgenommen, welche die Hornschicht durch freiwerdende Alkalien oder basische Salze erweicht und auflöst, so steht der Resorption gar kein Hinderniss mehr entgegen. Es sei noch erwähnt, dass bei der Inunction mit Quecksilbersalbe, welche vielleicht in der Salbentherapie die am häufigsten in Anwendung kommende ist, nach der Theorie Voits [1]) besonders günstige Verhältnisse für die Resorption des Quecksilbers gegeben sind. Nach diesem Autor bildet sich in der betreffenden Salbe allmählich eine geringe Menge fettsauren Quecksilbereroxydes, das sich, mit den Chloriden des Schweisses zu Aetzsublimat verbunden, vermöge seiner corrodierenden Eigenschaft leicht seinen Weg durch die Haut sucht. Nach der Ansicht des Herrn Professor Wolff, welche durch die von Nega [2]) in der Klinik des ersteren angestellten Versuche bestätigt wurde, wird reines metallisches Quecksilber leichter als das fettsaure Oxyd resorbiert, was durch die starke Expansionskraft der Quecksilberdämpfe zu erklären ist.

Ein dritter Faktor, der in Rechnung gezogen werden muss, ist folgender: Ein sehr grosses Contingent zu

---

[1]) Cfr. Kopp, Bresl. ärztl. Zeitschr. 1885, Nr. 6.

[2]) J. Nega: Resorption und Wirkung verschiedener zur kutanen Behandlung verwandter Hg-Präparate. 1884.

den mit Bädern und Salben behandelten Patienten stellen solche, die mit Hautkrankheiten behaftet sind, und bei diesen sind schon von vornherein meistens die Bedingungen für die Resorption der in den Bädern und Salben enthaltenen Stoffe sehr günstig, da das Hinderniss, die Oberhaut, in der Mehrzahl der Fälle in Wegfall gekommen ist.

Viertens können flüchtige Stoffe in dem applizierten Arzneimittel enthalten sein, welche, wie wir oben[1]) gesehen haben, durch die intacte Epidermis resorbiert werden.

Auch ätzende Stoffe werden durch die Zerstörung der Oberhaut ihren Weg in das tiefer liegende Gewebe finden können.

Schliesslich will ich noch auf einen Punkt aufmerksam machen, dem eine nicht zu unterschätzende Bedeutung zukommt, nämlich darauf, dass sehr oft eine Einreibung verordnet wird, ohne dass man überhaupt die eingeriebene Substanz resorbiert haben will. Dabei sei an die Massage gedacht. Der grösste Theil des Publikums wird es höchst langweilig finden, wenn man ihm sagt, er solle die oder jene Körperstelle so und so lange reiben oder kneten. Gibt man jedoch eine Salbe, so reibt er dieselbe meist mit der grössten Ausdauer bis zum Verschwinden auch des kleinsten Teilchens ein.

Aus dem nun Gesagten geht hervor, dass ein gut Teil der epidermatischen Behandlungsmethoden seinen Zweck doch erreichte.

Fassen wir das Gesammtresultat unserer bisherigen Betrachtungen zusammen, so dürfen wir behaupten:

1. Ein Resorptionsvermögen für flüssige oder feste Substanzen kommt der intacten menschlichen Haut nicht zu; erst wenn die Textur der nor-

[1]) Cfr. Röhrig, pg. 3. ds.

malen Haut zerstört ist, kann eine Resorption erfolgen (Krause, Röhrig, Fleischer).

2. Flüchtige Substanzen werden resorbiert, da sie sich wie Gase verhalten, für welche die Permeabilität der Epidermis längst bewiesen ist (Röhrig).
3. Nach den neuesten Untersuchungen ist die Haut für feinst zerstäubte Flüssigkeiten durchgängig (Röhrig, Juhl, Happel).

Die umfassende Anwendung, welche die Electricität seit nun mehr als hundert Jahren in fast allen Zweigen der practischen Medicin gefunden hat[1]), lässt es begreiflich erscheinen, dass man auch zum Studium der uns hier beschäftigenden Frage den electrischen Strom bereits seit längerer Zeit herangezogen hat. Man dachte hier im wesentlichen an zwei Eigenschaften desselben, erstens an sein Vermögen, Verbindungen in ihre einzelnen Elemente zu zerlegen, die electrolytische, und zweitens die kataphorische Wirkung des electrischen Stromes, welche darin besteht, dass er Substanzen im Sinne des Stromes, also vom positiven zum negativen Pole transportiert.

Was nun die electrolytische Wirkung des constanten Stromes anbelangt, so ist es ja eine bekannte Thatsache, dass letzterer, wenn er eine chemische Verbindung durchströmt, das Electrolyt so zerlegt, dass sich der electropositive Teil am negativen Pole, der

[1]) Cfr. Kühn, Geschichte d. medic. u. physiolog. Electricität. Leipzig, 1783.

electronegative Teil am positiven Pole absetzt [1]). Jodkali wird in der Weise zersetzt, dass Jod am positiven Pole frei wird, Kali am negativen. Ich erwähne dies besonders, weil alle Versuche, bei denen man eine Flüssigkeit in den Körper durch die intacte Haut auf electrolytischem Wege zu bringen suchte, sich auf die Durchleitung von Jod concentrieren.

Die Experimente wurden in der Weise angestellt, dass das Jodkali als Kathode an einer, die Anode an irgend einer andern beliebigen Körperstelle appliziert wurde. Nach Schluss des Stromes sollte sich nun die Electrolyse entfalten, und das freigewordene Jod zum positiven Pole gehen. Man stellte sich den eingeschaltenen Körper als eine Summe mit Flüssigkeit gefülter Hohlräume vor, in denen eine Electrolyse ganz wohl von statten gehen könnte, bedachte aber nicht, dass die Grenzen des Hohlraums, die unverletzte Haut mit Oberhaut, eine unüberwindliche Schranke für das Durchdringen von Flüssigkeiten abgibt.

Alle diesbezüglichen Versuche sind neueren Datums.

Beer [2]) bediente sich zweier Hohlelectroden, die mit gut leitenden Membranen verschlossen waren; die Kathode füllte er mit einer Jodkalilösung (1:2), die Anode mit reinem Wasser. Brachte er nun die Electroden mit den tierischen Membranen als Berührungsflächen zusammen, so sah er nach 15 bis 20 Minuten das Wasser in der positiven Electrode sich braun färben. Diese Braunfärbung des Wassers schreibt er dem freigewor-

[1]) Bei der Zersetzung des Wassers wird O am positiven, H am negativen Pole abgeschieden; Oxyde werden so zerlegt, dass sich die Säuren am positiven, das Radical am negativen Pole absetzt; Salze, indem die Säure zum positiven, die Base zum negativen Pole geht; bei Chlor-Brom-Jod-Metallen scheiden sich die Metalle am negat., die Metalloide am posit. Pole ab.

[2]) Beer, Wiener Medic. Presse, 1869, No. 37, pg. 866.

denen Jod zu, das durch die Membranen zum positiven Pole gewandert sein soll. Das ist nach den jetzigen Kenntnissen von der Permeabilität der Haut aber nur möglich, wenn die Membranen auch ohne Stromwirkung diffusionsfähig waren. Auf diesen Gedanken hätte Beer eigentlich selbst kommen müssen, da er bei Versuchen, die er an Menschen mit intacter Haut anstellte, nie eine Spur von Jod im Harne finden konnte; allerdings will er bei Tierversuchen, die er in derselben Weise anstellte, im Muskel- und Zellgewebe Jod nachgewiesen haben (?).

Wilhelm[1]) kam zu verschiedenen Resultaten. Einmal, wo er auf der einen Seite eines Froschschenkels die mit Jodkali getränkte Kathode und an der entgegengesetzten Seite die mit Stärkemehllösung getränkte Anode appliciert hatte, trat auch nicht die Spur einer Blaufärbung an der Anode auf; wenn er dagegen die Epidermis abgelöst hatte, zeigte sich deutliche Blaufärbung. Zweitens bekam er, nachdem er ein in Jodkalilösung getauchtes Leinwandläppchen mit der Kathode auf die obere Partie des Triceps und ein anderes in Stärkemehllösung getauchtes in Verbindung mit der Anode auf die untere Partie des Muskels gebracht und den Strom geschlossen hatte, eine Blaufärbung des untern Läppchens. Drittens: Wenn er an Stellen, wo die Epidermis fehlte, experimentierte, hatte er positiven Erfolg. Ob der Autor beim zweiten angeführten Versuche an einer intacten Haut arbeitete, giebt er nicht an; er scheint darauf nicht besonders geachtet zu haben, woraus auch wahrscheinlich das diesbezügliche positive Resultat zu erklären ist.

Brückner[2]) konnte bei seinen sämtlichen Versuchen

[1]) Wilhelm, Wiener Medic. Presse, 1819, No. 42, pg. 987.
[2]) Brückner, Deutsche Klinik, 1870, No. 40, pag. 367.

nie Jod im Harne nachweisen. Er glaubte, dass es wohl von der Haut resorbiert worden, aber nicht bis zu den saftigeren Gebilden vorgedrungen sei. Ersteres schliesst er aus folgenden Versuchen:

Er malte mit Tinct. Jodi ein Viereck auf die Haut, grösser als die Elektrodenplatte; das Viereck bedeckte er mit einer nassen Compresse und darüber brachte er die Kathode an; die Anode war mit Amylumleinwand bedeckt; nachdem nun der Strom 15 Minuten gewirkt hatte, war zwar die Amylumleinwand an der Anode immer noch weiss, aber von dem Jodviereck unter der Kathode war gerade der von ihr bedeckte Teil verschwunden. Da die Leinwand ihre Farbe behalten hatte, musste die Jodtinctur in die Haut gedrungen sein (!). Gleichsam als Controlversuch machte er folgendes Experiment: Er bedeckte ein mit Jodtinctur gemaltes Viereck mit einer dicken Compresse und applicierte darauf die Anode. Nach einer Stromesdauer von 15 Minuten nahm er die Elektroden ab und sah nun, dass die Kupferplatte der Anode gebräunt und die Compresse durch mehrere Leinwandlagen hindurch gelb gefärbt war. Das Viereck aus Jodtinctur war noch vorhanden, nur etwas blässer; also konnte die Haut nichts resorbiert haben, ja die Tinctur war von der Haut in die Compresse gewandert.

Nun dürfte es aber doch interessieren, zu wissen, nach welchem physikalischen Gesetze diese Vorgänge erfolgten. Von Elektrolyse kann doch bei Jodtinctur keine Rede sein, da das Jod in dieser Verbindung schon frei ist. Schliessen wir die Elektrolyse aus, so würden diese Versuche und besonders der zweite einen rein mechanischen Transport vom negativen zum positiven Pole beweisen; dies steht aber in directem Widerspruch mit der kataphorischen Wirkung des electrischen Stro-

mes, die im Sinne des Stromes von statten geht; dieselbe transportiert von der Anode zur Kathode. Von dieser Methode, die in neuerer Zeit mehrfach Gegenstand der Discussion geworden, wird dann weiter unten des genaueren die Rede sein. Uebrigens soll hier gleich erwähnt werden, dass ein Transport vom negativen zum positiven Pole unmöglich ist, und mag folgendes als Beweis dienen: Bei den vielen Versuchen, die ich anstellte, um Cocain auf kataphorischem Wege in die Haut einzuführen, passierte es einmal, dass dies nicht gelang. Während ich mir dies nicht erklären konnte, bemerkte ich zufällig, dass die Cocainlösung mit der Kathode verbunden gewesen. Ich wiederholte den Versuch in demselben Sinne und mit demselben Resultate. Deshalb ist es auch unmöglich, dass im zweiten Versuche von Brückner die Compresse gefärbt war; es müsste denn die Färbung nur ein blosser Abklatsch der Jodtinctur gewesen sein.

Bei einem anderen Versuche brachte Brückner drei Drachmen Jodkali mittels dicker Leinwandcompresse unter die Kathode; nach Beendigung des Versuches war die Compresse nicht mehr so stark mit der Flüssigkeit getränkt als vorher. Brückner glaubt nun, da auf einem anderen Wege nichts von der Flüssigkeit verloren ging, diese müsse in die Haut eingedrungen sein. Möglicherweise konte aber die Verminderung der Flüssigkeit durch Verdampfen zu Stande gekommen sein.

Ein Autor, dem wir unbedingtes Vertrauen schenken können, Bruns[1]), hat sich mit der Frage der electrolytischen Durchleitung von Jod durch den menschlichen Organismus ebenfalls und zwar sehr lebhaft beschäftigt; seine Versuchsmethode ist sehr exact und systematisch.

---

[1]) Bruns, Galvanochirurgie, Tübingen, 1870. pag. 133.

Erstlich versuchte er zu ermitteln, ob der Strom überhaupt durch tierische Teile electrolytisch wirken könne. Zu diesem Zwecke brachte er die Electroden [1]) (die negative mit Jodkalilösung 1 : 2 gefüllt) an zwei einander gegenüberliegenden Seiten eines Fleischstückchens von 1 bis 2 Zoll Dicke an und konnte einen thatsächlichen Erfolg verzeichnen.

In derselben Weise und mit demselben positiven Resultate experimentierte er an Leichenteilen, die aber noch mit Epidermis bedeckt waren (ausgeschnittene Wange).

Schliesslich fragte er sich, ob auch die unverletzte *lebende* Haut, die normaler Weise nichts resorbiert, durch Electrolyse resorptionsfähig würde, und diese Versuche wollen wir einer eingehenden Betrachtung würdigen.

Bei den ersten Versuchen, die er in dieser Hinsicht anstellte, indem er die Electroden zu beiden Seiten einer Struma ansetzte, bekam er bald ein positives, bald ein negatives Resultat. Es stieg deshalb der Verdacht in ihm auf, dass diese Schwankungen ihren Grund in Fehlerquellen hätten. Und in der That war das Resultat immer negativ, sobald er ein Berühren der positiven Electrode mit seinen Fingern, die vorher mit dem Jodkali in Berührung gekommen waren, peinlichst vermieden hatte.

Des weiteren liess er durch vier Hydrocelen je eine bis zwei Stunden in der angegebenen Weise den Strom gehen und nach Punction der Hydrocelen fand sich auch nicht die Spur von Jod in der entleerten Flüssigkeit vor.

---

[1]) Die Electroden bestanden aus Glasröhren, welche unten mit einer Membran, oben mit einem vom Leitungsdrahte durchbohrten Korke verschlossen waren.

Ferner leitete er durch die Wade eines Mannes, der an ulceröser Kniegelenksentzündung litt, den Jodstrom zwei Stunden lang vor der Amputation hindurch. ohne dass nach derselben Jod in den Muskeln sich hätte nachweisen lassen.

Diese Misserfolge glaubte Bruns dem Umstande zuschreiben zu müssen, dass das Jod vom Blut- und Lymphstrom zu schnell weggeführt worden sei. Deshalb stellte er noch eine Reihe von Versuchen an, nach deren Beendigung er jedesmal den Urin untersuchte. Und er fand hier bei Leuten, bei welchen der Jodstrom bis drei Stunden gewirkt hatte, nie eine Spur von Jod im Urin mit Ausnahme eines Falles, wo der Strom ein und ein viertel Stunde durch eine Hydrocele gegangen; doch konnte seiner Meinung nach die Nähe der Harnröhre an der Applicationsstelle ganz wohl im Stande sein, diese Erscheinung zu erklären.

Wurde der Strom quer durch das Gesicht geleitet, so fand Bruns regelmässig im Speichel Jod. Dass dies nicht auf anderem Wege dahin kam, etwa durch Einatmung, beweist er dadurch, dass bei demselben Manne, bei dem letztere Versuche gemacht wurden, kein Jod im Speichel beobachtet werden konnte, nachdem ihm Bruns zwei Stunden lang einen mit Jodkali getränkten Schwamm auf die Wange gelegt hatte.

Auf Grund dieser letzten Resultate gelangt Bruns am Ende seiner Betrachtung zu der Schlussfolgerung, dass auf elektrolytischem Wege Jod durch die intacte Haut zu bringen sei; die näheren Umstände und das Wesen dieses Vorgangs lässt er jedoch in dubio.

Uns sei jedoch ein gelinder Zweifel verziehen, wenn uns das letzte günstige Resultat im Verhältnis zu der grossen Zahl der ungünstig ausgefallenen Versuche nicht beweiskräftig erscheint.

Eulenburg[1]) brachte die Kathode, ebenfalls mit Jodkali, auf Schleimhäute, die Anode *ganz nahe* zur Kathode mittelst Galvanopunctur. Die mit Amylumpapier umwickelte Nadel zeigte aber *trotzdem keine Reaction.* Er stellte die denkbar günstigsten Verhältnisse her, indem er die Kathode an der unteren Fläche der Zunge, die Anode an der obern anbrachte, und sah auch hier keinen Erfolg; nur in einem Falle, wo eine Frau wegen partieller Anæsthesie der Zunge aussergewöhnliche Ströme vertragen konnte, sah er eine schwache Jodreaction auf der Oberfläche der Zunge eintreten. *Der Mund als Versuchsfeld ist aber für die Entstehung von Fehlerquellen sehr geeignet, und darin liegt vielleicht die Erklärung für das scheinbar günstige Resultat.*

Spillmann[2]) konnte das Jod nur deutlich nachweisen, wenn er die Elektroden so applizierte, dass die eine auf der äusseren Seite der Wange, die andere auf der Schleimhaut angebracht war. Auffällig ist dies insofern, als es Eulenburg nicht gelungen ist, in dieser Weise ein Ergebnis zu bekommen. Aber, wie ich bei den Versuchen des vorigen Autors schon bemerkt habe, sind Fehlerquellen bei Experimenten, die sich *in der Nähe* des Mundes oder gar *im* Munde abspielen, sehr schwer zu vermeiden.

Groh[3]) sagt am Schlusse seiner Betrachtung über „Electrolyse in der Chirurgie" wörtlich Folgendes: „Versuche, Jod und Arsen mittels des Stromes durch den Körper zu leiten, gaben stets negativen Erfolg." Ebenso:

---

[1]) Eulenburg, Berlin. Klin. Wochenschr., 1870, No. 16, pag. 196.

[2]) Spillmann, Arch. général de médecine 1871, pag. 490.

[3]) Groh, Centralblatt für die medic. Wissensch. 1871, No. 11

Bardet[1]): „La diélectrolyse à travers les tissus organiques est impossible.“

Uebersehen wir nun noch einmal die Ergebnisse, welche die aufgezählten Experimentatoren bei ihren Versuchen, Jod auf elektrolytischem Wege durch die intacte Haut zu bringen, erzielten, so müssen wir einerseits in Anbetracht der so geringen Zahl der günstigen Resultate im Verhältnis zur grossen Reihe der angestellten Versuche, andrerseits mit Rücksicht auf das reservierte Urteil und die, man möchte sagen, nicht ganz absolute Sicherheit und Gewissheit, welche die Autoren selbst über die Sache hegen, die Berichte mit grosser Vorsicht aufnehmen; mindestens dürfen wir die geringe Zahl der positiven Ergebnise auf diesem Gebiete nicht für massgebend erachten.

Wesentlich anders verhält es sich mit der kataphorischen Wirkung des galvanischen Stroms. Darunter versteht man, wie bereits oben erwähnt[2]), seine Kraft, Flüssigkeiten, die in den Strom eingeschaltet sind, im Sinne des Stromes, also vom positiven zum negativen Pole, fortzubewegen. Man hat diese Eigenschaft schon im vorigen und im Anfange dieses Jahrhunderts darauf geprüft, ob sie sich auch bewähre, wenn es gälte, feste Körper (tierische Membranen) zu überwinden, und hat dies bestätigt gefunden. Genauere Untersuchungen über die näheren Details dieses Transportes sind Mitte dieses

[1]) Bardet, Bulletin général de Thérapeutique Médicale et Chirurgicale. Paris, 1885.

[2]) Cfr. oben, pag. 8.

Jahrhunderts von G. Wiedemann[1]) gemacht worden. Die Resultate seiner Arbeiten sind folgende:

1. Die Flüssigkeiten bewegen sich alle vom positiven zum negativen Pole der galvanischen Säule.
2. Die in der Zeiteinheit durch eine poröse Wand fortgeführte Flüssigkeitsmenge ist der Intensität des angewandten galvanischen Stroms direckt proportional; sie ist unabhänging von der Oberfläche und Dicke der porösen Wand.
3. Die Flüssigkeitsmenge ändert sich mit der Natur der Flüssigkeit und ist unter sonst gleichen Verhältnissen desto grösser, je kleiner das Leitungsvermögen derselben ist[2]).
4. Die bewegende Kraft des galvanischen Stromes ist direkt proportional der Intensität des Stromes und der Dicke der porösen Wand; umgekehrt proportional der Oberfläche derselben.

Die menschliche Haut sah man nun auch als eine solche poröse Scheidewand an und beschäftigte sich deshalb sehr intensiv mir der Frage, ob die kataphorische Wirkung des konstanten Stromes das Resorptionsvermögen der intacten Haut fördern könnte, was bei der elektrolytischen, wie unsere obigen Betrachtungen lehren, mindestens sehr zweifelhaft ist. Die Kataphorese überwindet aber thatsächlich dieses Hindernis, wie aus den diesbezüglichen Versuchen deutlich hervorgeht. Diese Art von Experimenten ist sehr alt, denn wir finden in der Literatur des vorigen Jahrhunderts auf solche Versuche hingewiesen, die schon vor jener Zeit gemacht wurden.

---

[1]) Wiedemann, Annalen der Physik und Chemie, 1856. Leipzig.

[2]) Cfr. unten, pag. 56, Versuch 24 u. pag. 72, 4.

Priestley[1]) überliefert uns umfangreiche Schilderungen von Versuchen, die in dieser Beziehung angestellt wurden, und bei denen es sich um eine direkte kataphorische Wirkung zu handeln scheint. Nach ihm haben: Pivati, Verati, Bianchi und Winkler riechende Substanzen in Glasgefässe eingeschlossen; electrisierten sie nun die letzteren, so drangen die Gerüche durch die Gefässe und erfüllten die Atmosphäre des Conductors der Electrisiermaschine; letzterer teilte den Personen, die ihn berührten, den Geruch mit (?!).

Pivati veschloss Perubalsam in ein Glasgefäss, und nachdem er das Glas electrisiert hatte, brachte er einen Menschen in die Nähe des Conductors; der Geruch des Balsams ging vom Conductor auf den Mann über und wurde von dem Begleiter des letzteren eine halbe Stunde später bei einem Spaziergange wahrgenommen.

Winkler in Leipzig that etwas gepulverten Schwefel in einen Glaskolben. verschloss diesen fest und setzte ihn dem Feuer aus, ohne dass man etwas von dem verbrannten Schwefel roch; er liess dann den Kolben sich abkühlen; hierauf electrisierte er ihn und nahm den Geruch in einer Entfernung von über zehn Fuss wahr.

Denselben Versuch wiederholte er mit Zimmet und Perubalsam und hatte den gleichen Erfolg. Als nach einigen Tagen der Kolben den Geruch dieser Substanzen verloren hatte, verband er ihn durch eine Kette, welche durch ein Fenster in die freie Luft und von da in ein entlegenes Zimmer geführt wurde, in letzterem mit einem Menschen, der isoliert war.

Sobald der Kolben in ersterem Zimmer electrisiert

[1]) Priestley, Histoire de l'Éctricité (Traduite de l'ansglais) Paris 1771, Tome premier, pag. 272 u. f.

war, verspürte der Mann, der in letzterem das Ende der Kette in der Hand hielt und *nicht wusste, was man mit ihm vorhatte,* bald einen angenehmen Geruch (!). Er schlief nun in einem entlegenen Hause und hatte am nächsten Morgen noch den Balsamgeschmack im Munde (!).

Pivati behandelte den 75-jährigen Bischoff Donadoni von Sebenico, „der vor Gicht kein Glied mehr regen konnte", indem er Auflösungsmittel in ein Glas füllte und auf die oben beschriebene Art verfuhr; nach zwei Minuten konnte sich der Bischoff wieder wie ein junger Mann bewegen „avec toute la légèreté d'un jeune homme" (!).

Andere Electriker hatten diese günstigen Resultate nicht zu verzeichnen; Abbé Nollet reiste nach Italien, um an der Quelle die Erfolge Pivatis zu beobachten, kehrte aber mit Ueberzeugung nach Hause zurück, dass die Angaben bedeutend übertrieben wären; dass die Electricität Stoffe aus den Poren eines Glases treiben könne, konnte ihm nicht einleuchten.

Die englische physicalische Gesellschaft experimentierte nach den Anweisungen Winkler's mit den Apparaten, die sie von ihm erhalten, ohne Erfolg; auch Franklin [1]) zeigte, dass es unmöglich sei, die Kraft des Mittels mit dem electrischen Fluidum zu verbinden.

In der That scheinen Winkler und Pivati etwas stark aufgetragen zu haben; denn wie das Glas für Substanzen permeabel sein soll, ist sehr schwer zu erklären; doch dürfte man vielleicht daran denken, dass die Gerüche der betreffenden Stoffe den Verschluss des Glases durchdrungen haben, wenn dieser nicht selbst

[1]) Franklin, Letters, pag. 82.

wieder aus einem Glasstöpsel bestand; bedauernswert ist, dass Pristley darüber nichts näheres mitteilt.

Porret[1]) bediente sich bei seinen Versuchen des abgeschnittenen untern Teiles einer Arzneiflasche; dies Gefäss wurde dann durch einen Verticalschnitt in zwei Hälften geteilt, eine tierische Blase als Scheidewand dazwischen gebracht, darauf die beiden Hälften mit Siegellack wieder fest zusammengekittet. Eine der so gebildeten Zellen füllte Porret mit Wasser, von dem auch nach Stunden nichts durch die Scheidewand gesickert war. Er electrisierte nun das Wasser positiv, und bald war ein Teil durch die Blase durchgedrungen und bedeckte den Boden der zweiten Zelle; letzteres electrisierte er negativ und im Verlauf von weniger als einer halben Stunde stand das Wasser in beiden Zellen gleich, da es der Intention des galvanischen Stromes, vom positiven zum negativen Pole zu gehen, folgte. Bei weiteren Versuchen mit andern Flüssigkeiten konnte Porret dasselbe Factum feststellen. Auf Grund dieser Ergebnisse erkennt er im galvanischen Strome ein Mittel, Flüssigkeiten durch enge Poren eines Körpers zu führen, die unter gewöhnlichen Verhältnissen diese Passage nicht gestatten.

Die kataphorische Wirkung des electrischen Stromes sucht Fabré-Palaprat[2]) durch folgendes Experiment zu beweisen: Nachdem er beide Arme einer Frau vollkommen trocken gemacht, belegte er den einen mit einer in Jodkalilösung eingetauchten und mit einer Platinplatte bedeckten Compresse, die er mit dem positiven Pole einer dreissigpaarigen Säule in Verbindung setzte,

---

[1]) Porret, Annales de Chimie et de Physique. Paris, 1816, Tome II., pag. 137.

[2]) s. Meyer, die Electricität in ihrer Anwendung auf die praktische Medicin, pag 29.

den andern mit einer durch Amylumlösung befeuchteten, ebenfalls mit einer Platinplatte bedeckten und mit dem negativen Pole in Verbindung gebrachten Compresse; in wenigen Minuten hatte das Amylum eine bläuliche Färbung angenommen. Daraus schliesst Fabré-Palaprat, dass das Jod durch den Körper hindurch zum negativen Pole gewandert sei. Moritz Meyer[1]) bemerkt zu diesem Versuche ganz richtig, dass das Jod am negativen Pole jedenfalls auf Verdunstung oder zufällige Uebertragung zurückzuführen ist. Nach so kurzer Zeit dürfte dasselbe schwerlich den Körper durchdrungen haben. Uebringens wiederholte Herr Prof. Wolff diesen Versuch, und zwar unter weit günstigeren Verhältnissen, indem er nämlich die beiden Elektroden an ein und demselben Arm diametral entgegengesetzt anbrachte, ohne die Spur einer Jodreaction an der Kathode zu bemerken. Bessere und beweiskräftigere Thatsachen für das Vermögen des constanten Stroms, Stoffe durch die intacte Haut zu führen, sehen wir in den Angaben von Autoren, die mit Hilfe des Stromes in Form des electrischen Bades Substanzen *aus* dem Körper führten. Zwar hat diese Thatsache mit der Resorptionsfähigkeit der Haut nichts gemein, indessen berührt sie unser Thema doch, und zwar indirekt, weil wir durch sie zu dem Schluss kommen, dass der Strom, wenn er die Kraft besitzt, Stoffe aus dem Körper durch die intacte Haut *nach aussen* zu befördern, solche wohl auch *von aussen in den Körper hinein* führen kann; und man hat wirklich auch in letzterer Hinsicht Versuche mit Hilfe des electrischen Bades angestellt[2]). Zum bessern Verständnis der erzielten Resultate dürfte es vielleicht

[1]) s. Electricitätslehre pag. 30.

[2]) Cf. unten, pag. 33.

angezeigt sein, die Bereitung eines electrisches Bades [1]) in Kürze zu schildern:

In eine metallene, vom Fussboden isolierte Wanne wird eine lange Bank gestellt, die ihrerseits wieder von der Wanne isoliert ist. Der Kranke setzt sich in die Wanne, während seine Arme durch Stützen getragen werden, die an der Bank befestigt sind. Die Wanne wird bis zum Halse des Patienten mit angesäuertem Wasser gefüllt [2]). Sitzt der Kranke im Bade, so wird die Wanne mit dem negativen Pole einer zwanzigpaarigen Batterie in Verbindung gebracht, während er selbst den positiven, mit einem mit Leinwand umwickelten (um das heftige Brennen zu vermeiden) Handgriffe versehnen Conductor abwechselnd in die rechte und linke Hand nimmt. In dieser Weise tritt der Strom durch den Arm ein, circuliert vom Kopfe bis zu den Füssen, durchsetzt also alle innern Organe, ergreift die aus dem Körper auszuführenden Partikelchen und treibt sie aus dem Körper. Die ausgeschiedene Substanz findet sich auf den Wänden des Gefässes, in der Atmosphäre des Zimmers in Folge der Verdunstung durch die bei dem Processe erzeugte Hitze, ferner im Badewasser.

Vergnès und Poey [3]) haben auf diese Weise aus der Tibia und dem Femur eines Mannes, der seit 15 Jahren grosse Quantitäten Quecksilber beherbergte, dieselben herausgezogen.

Meding [4]) setzte einen Jahre lang an Mercuri-

---

[1]) Moritz Meyer, Electricitätslehre, pag. 597.

[2]) und zwar setzt man, wenn man Quecksilber, Gold oder Silber entfernen will, Salpeter- oder Salzsäure, wenn man Blei extrahieren will, Schwefelsäure dem Badewasser zu.

[3]) Compt. rend. de l'Acad. des Sciences 1855, pag. 235.

[4]) Tagebl. der 32. deutsch. Aerzte- u. Naturforschervers. in Wien, 1856, No. 7, p. 150.

alismus leidenden Mann in ein electrisches Bad; dasselbe war in der Weise construiert, dass der negative Pole einer zwanzigpaarigen Bunsen'schen Batterie an einer Kupferplatte befestigt war und in die Badewanne tauchte, der positive Pol dem Kranken, der in der Wanne isoliert war, in die Hand gegeben wurde. Nach der Application von fünf Bädern, deren jedes eine Stunde währte, fand sich am Boden der Wanne untersalpetriges [1]) Quecksilber, das als solches sowohl chemisch als auch microskopisch deutlich nachweisbar war.

Wie nun oben schon angedeutet, liegt kein Grund vor, dem Strome, wenn er die Eigenschaft besitzt, Stoffe durch die Haut aus dem Körper nach aussen zu fördern, die Fähigkeit abzusprechen, in umgekehrter Weise, d. h. von aussen nach innen zu wirken. Wenn die oben genannten diesbezüglichen Versuche [2]) aus dem vorigen Jahrhundert mit der Unklarheit etwas Mystisches und Uebertriebenes verbinden, so können wir doch nicht umhin, auf Grund der in neuerer und neuester Zeit angestellten Versuche den wahren Kern der Sache anzuerkennen. Die folgende Litteratur soll uns darüber belehren.

Clemens [3]) bediente sich der kataphorischen Wirkung des electrischen Stromes, um Jod durch die Haut dem Organismus zuzuführen. Zu diesem Behufe füllte er einen Glascylinder von 6 Zoll Länge mit einer Jodlösung; die untere Oeffnung des Cylindres verschloss er mit einem Schwamme, die obere mit einem von dem Zuleitungsdraht durchbohrten Kork; dieser Glascylinder stellte die Anode dar; als Kathode benützte er ein mit Kochsalzlösung getränktes Schwämmchen, das er ge-

---

[1]) Dem Badewasser war Salpetersäure zugesetzt.

[2]) cf. oben, pag. 21.

[3]) Cf. Deutsche Klinik, 1860, No. 2, pag. 17.

wöhnlich an einer der Anode gegenüberliegenden Stelle placierte; auf diese Weise will er das Jod in der Körper gebracht haben und glaubt als Beweis dafür die mit seinem Verfahren erzielten Heilerfolge anführen zu dürfen.

Nach Munk[1]) bietet die menschliche Haut mit ihren engen Poren sehr günstige Bedingungen für die Entfaltung der Kataphorese. Er bringt die betreffende Substanz als Anode an oder an beiden Electroden zugleich; in letzterem Falle wechselt er den Strom von Zeit zu Zeit. Wenn er 15 Minuten lang auf diese Weise Jod einleitete, konnte er es schon nach 30 Minuten im Harne nachweisen; Kaninchen, die er mit einer Strychninlösung auf die angegebene Weise behandelte, zeigten nach 15 Minuten erhöhte Reflexerregbarkeit, nach 20 Minuten häftige tetanische Krämpfe, und nach 30 Minuten trat der Tod ein. Munk spricht auf Grund seiner Resultate den Satz aus, dass es unzweifelhaft gelänge, *mit Hilfe der kataphorischen Wirkung des konstanten Stromes indifferente Flüssigkeiten in und durch die unverletzte Haut zu bringen, von wo aus sie dann resorbiert und so dem Organismus einverleibt würden.*

Adamkiewicz[2]) versuchte auf kataphorischem Wege Chloroform *in* und *durch die* Haut zu bringen und sie auf diese Weise anæsthetisch zu machen. Da er die Befürchtung hegte, dass sich das Chloroform, wenn er eine gewöhnliche, mit einem Ueberzuge versehene Plattenelektrode damit durchtränkte, zu leicht verflüchtige, und ein wiederholtes Befeuchten die Kataphorese unterbrechen würde, so konstruierte er eine Hohlelektrode, welche die bestimmte Flüssigkeitsmenge

---

[1]) Cf. Archiv für Anatomie und Physiologie von Reichert und Du Bois-Reymond, 1873, pag. 505.

[2]) Neurolog. Centralblatt, 1886, No. 10, pag. 219.

auf einmal fassen und diese während der Kataphorese in demselben Masse, als die Substanz von der Haut resorbiert würde, an letztere abgeben könnte. Das Reservoir ist durch eine electrische Kohlenplatte, welche den Durchgang von Flüssigkeit gestattet, verschlossen.

Applicierte Adamkiewicz diese Elektrode mit Chloroform gefüllt als Anode eines Stromes von 7 bis 10 M-A, die Kathode an einem indifferenten Ort des Körpers und liess er dann den Strom 5 Minuten durchgehen, so erzielte er eine tiefgehende Anæsthesie, die 3 bis 5 Minuten andauerte. Sie war nicht allein auf *die Applicationsstelle* beschränkt, sondern verbreitete sich auch *auf die Nachbarschaft*. Bei einem solchen Versuche verschwanden immer 2 bis 3 cbcm in der Haut.

Paschkis und Wagner [1]) treten Adamkiewicz gegenüber und behaupten, von Kataphorese könne bei Chloroform überhaupt nicht die Rede sein, da es gar nicht leite [2]). Die Abnahme der Flüssigkeit sei auf Verdunstung zu beziehen, und was die Anæsthesie betreffe, so sei eine solche bei der blossen Application von Chloroform ebenfalls zu erreichen, wie überhaupt alle leicht flüchtigen Stoffe aus der Alkoholgruppe Anæsthesie erzeugten [3]).

[1]) Neurol. Centralblatt, 1886, No. 18, pag. 413.

[2]) Cf. Wiedemann, oben pag. 20.

[3]) Die in der Umgebung der Applicationsstelle erzeugte Anæsthesie dürfte thatsächlich durch Verdampfen des Chloroforms zustande gekommen sein; denn die durch Kataphorese hervorgebrachte hat *auf* der Haut eine ganz bestimmte Grenze, welche durch die Grösse der Anode gegeben ist; *unter* der Haut, wo die Stromdichte geringer wird, breitet sie sich auch auf die Umgebung aus, wie ich oft bei den Versuchen, die ich mit Cocain anstellte, wahrzunehmen Gelegenheit hatte. Stach ich hart an der Grenze eine Nadel ein, so wurde dies regelmässig verspürt; stach ich aber *auf* dem Felde ein, das vorher von der

Adamkiewicz[1]) hält Paschkis und Wagner entgegen, sie hätten vielleicht bei ihren Versuchen vergessen, die Elektrode vor der Imprägnation mit Chloroform unter Wasser zu befeuchten und auszudrücken; dies müsste geschehen, denn sonst würden die Poren der Leinwand durch das Wasser verschlossen, während doch der kataphorische Strom in denselben offene Pforten finden müsse; um sie von der Resorptionsfähigkeit der Haut bei constantem Strome zu überzeugen, lässt er die Diffusionselektrode einmal mit Wasser gefüllt fungieren und zwar ohne Erfolg, dann mit Chloroform gefüllt, ohne den Strom durchgehen zu lassen; in diesem Falle erzielte er bloss ein Abstumpfungsgefühl. Wurde dagegen, wenn die Elektrode mit Chloroform gefüllt war, der Strom hindurchgeleitet, so trat Anæsthesie der betreffenden Hautstelle ein. Schliesslich überzeugte er noch dadurch vollends, dass er das Chloroform mit Gentianaviolett färbte und die Elektrode an der innern haarlosen Seite des einen Kaninchenohres aufsetzte, ohne den Strom hindurchgehen zu lassen; dann applicierte er sie gleich lange Zeit auf die innere Seite des andern Ohres und liess den Strom wirken. Das Endresultat war, dass in ersterem Falle nur die obere Epidermisschicht, im letzteren die ganze Epidermis und sogar an einzelnen Stellen das Unterhautzellgewebe diffus blau gefärbt war.

Wagner[2]) versuchte Cocain mit Hilfe des constanten Stromes in die Haut zu bringen und erreichte

---

Anode eingenommen war, und zwar in schräger Richtung, so dass die Nadelspitze in dem Zellgewebe und Muskel die Grenze überschritt, so wurde doch nie etwas gespürt.

[1]) Neurol. Centralbl. 1886, No. 21, pag. 497.

[2]) Wiener Medic. Blätter, IX., No. 6, pag. 161.

seinen Zweck vollständig. Das Resultat seiner Untersuchungen über Kataphorese ist folgendes:

1. Das einzuführende Mittel muss in geringer Dosis wirksam sein.
2. Auf genaue Dosierung darf es nicht ankommen, da man keinen Masstab für das Quantum der resorbierten Flüssigkeit hat.
3. Die Elektroden setzt man am besten diametral entgegen.
4. Die in der Zeiteinheit fortbewegte Flüssigkeit ist umso grösser, je stärker der Strom, und je schlechter die Flüssigkeit leitet.

Letztere Bemerkung ist umso auffälliger, als Wagner zussammen mit Paschkis, Adamkiewiecz den Einwand entgegenhielten [1]), eine Chloroformkataphorese könne es nicht geben, da Chloroform *nicht* leite.

Herzog [2]) stellte auf Grund seiner Untersuchungen die Angabe Wagner's, dass schlechtleitende Substanzen die Kataphorese begünstigen, als falsch hin. Herzog überzeugte sich von der Kataphorese durch die Anæsthesie, die er immer erzielte, wenn er Cocainlösungen als Anode anbrachte. Die Anæsthesie währte durchschnittlich 20 Minuten und war umso tiefer, je stärkere Ströme und Lösungen er verwandte.

Dass das Cocain nur auf electrischem Wege in die Haut gekommen sein kann, weist er dadurch nach, dass er in den Fällen, wo er das Cocain *ohne Strom* angewendet hatte, *nie* eine Spur von Anæsthesie erzeugen konnte, auch *nicht da*, wo er *nur* die Electricität wirken liess.

---

[1]) Cf. o. pag. 30.

[2]) Herzog, Münchn. Medic. Wochenschr. XXXIII. No. 13, pag. 222.

Gärtner und Ehrmann[1]) wiesen im Harne eines Mannes, der ein 15 Minuten dauerndes electrisches Bad, in welchem 4 g Sublimant enthalten waren, genommen hatte, in den ersten 24 Stunden schon Spuren von Hg, am vierten Tage 0,007 g nach. Ferner setzten sie zwei Männer von gleichem Alter und gleicher Constitution je in ein electrisches Bad von 15 Minuten Dauer. In dem Bade des einen war 4 g Sublimat verteilt, in dem Bade des andern befand sich nur reines Wasser. Im Urin des ersteren waren in den ersten 24 Stunden 0,003 g Hg nachzuweisen, in dem Urin des andern keines. Den dritten Versuch machte Gärtner an sich selbst: Er nahm ein 20 Minuten dauerndes electrisches Bad, das 6 g Sublimat enthielt; gegen Ende des Bades bemerkte er schon vermehrten Speichelfluss, sowie einen metallischen Geschmack im Munde, welche Symptome noch längere Zeit andauerten. In der ersten Stunde konnte er schon Hg nachweisen, am vierten Tage 0,013 g.

Endlich wollen wir hier noch erwähnen, dass der Mann, welcher die Electricität in jeglicher Beziehung zum Nutzen und Frommen der Menschheit ausgebeutet, Edison, es sich nicht versagen konnte, auch zu Gunsten der leidenden Menschheit auf diesem Gebiete zu wirken. Auf dem letzten internationalen medicinischen Congresse (Berlin, 1890) liess er durch seinen ärztlichen Vertreter über ein Verfahren referieren, nach dem es ihm gelungen sein soll, auf kataphorischem Wege Lithium durch die intacte Haut einzuführen und so Gichtknoten zu reducieren oder auch ganz aufzulösen, ein Verfahren, das insofern doch nicht mehr so ganz neu ist, als wir

[1]) Cf. Archiv für Dermatol. u. Syphil. 1890, Heft 6, pag 942.

oben [1]) gehört haben, dass Pivati schon im vorigen Jahrhundert dies Verfahren zur Heilung von Gicht anwendete.

Ziehen wir nun das Resumé aus allen diesen Angaben, welche wir in der Litteratur gefunden haben, so müssen wir den Satz aussprechen, dass die intacte Haut durch die kataphorische Wirkung des constanten Stromes permeabel werde. Da es von ausserordentlichem theoretischen und practischen Interesse ist, ein Organ künstlich mit einer Eingeschaft auszustatten, der es physiologischer Weise entbehrt, schien es sich der Mühe zu verlohnen, eine Anzahl von Versuchen in dieser Hinsicht anzustellen, um möglicherweise Genaueres über das Wesen des Vorgangs zu ermitteln.

Bevor ich zur Beschreibung der Experimente selbst übergehe, will ich vorausschicken, dass die dazu verwendeten Personen vorher einer gründlichen Untersuchung unterworfen wurden auf etwaige Hautausschläge, Epidermisdefecte und dergleichen, kurz ob sie

[1]) Cf. o. pag. 22.

mit einer intacten, unter gewöhnlichen Verhältnissen impermeablen Epidermis ausgestattet waren. Luetische schloss ich principiell aus, damit nicht eine etwaige, kaum sichtbare Roseolaeruptionen Fehlerquellen schüfe. Die Experimente machte ich meist am Arm oder Bein, die ich aber nie mit Alkohol oder Aether reinigte, sondern nur mit einem in Wasser getauchten Wattebausch sanft abtufte, um keine Epidermisabschülferungen zu erzeugen. Ferner sei bemerkt, dass ich, wenn ich an demselben Individuum mehrere Versuche machte, zu jedem derselben eine andre Hautstelle auswählte.

Bei den Tierversuchen begnügte ich mich damit, an der betreffenden Stelle, an der ich experimentieren wollte, die Haare nur kurz abzuscheren, nicht abzurasieren, um dadurch die Integrität der Epidermis nicht zu gefährden.

Die betreffende Flüssigkeit wurde immer als Anode angebracht, und zwar wurde folgende Elektrode dazu construiert [1]): Ein nach oben capillar ausgezogener Glascylinder von 10 cbcm Inhalt ist mit seinem unteren Ende in den oberen Rand eines Messingrings (1 cm hoch und $2^1/_2$ cm im Durchmesser) eingekittet, der an gegenüberliegenden Punkten zwei Haken trägt, an welchen man die Elektrode an einem Körperteile (Arm oder Bein) mittels eingehängten Bandes fixieren kann; an einem dritten Punkte des Messingrings, der innen behufs besserer Leitung der Electricität vergoldet ist, ist eine Klemmschraube angebracht, um die Elektrode mit dem Leitungsdrahte zu verbinden. Die Capillare ist auf cbmm graduiert, um die Abnahme der in die Haut verschwindenden Flüssigkeit eventuell ablösen zu können. Was letzteren Punkt betrifft, so bewährte sich die Elektrode

[1]) s. d. beigegeb. Tafel, Fig. No. I.

nicht, da durch den Druck, welchen der Messingring auf die Haut ausübt, der Teil derselben, der innerhalb des Ringes ist, proportional mit der Zeit in die Höhe gewölbt wird und so die Flüssigkeit aus der Capillare ausdrückt. Ausserdem ist das Quantum der resorbierten Flüssigkeit so gering [1]), dass eine Abnahme derselben in der Capillare kaum zu bemerken gewesen wäre. Mit dieser Electrode machte ich eine grosse Reihe von Versuchen mit positiven Resultaten; da aber das Aufsetzen und Befestigen derselben sehr misslich und unbequem war, weil sie immer umgestülpt werden musste, was jedesmal von dem Verluste eines Teiles der in ihr enthaltenen Flüssigkeit begleitet war, so wurde die folgende Electrode [2]) construiert, welche man bequem von oben füllen konnte: Ein oben und unten offener, 4 cm hoher Glascylinder mit einem Durchmesser von $2^1/_2$ cm wurde in einem Hohlring aus Messing von 1 cm Höhe und $^1/_2$ cm Dicke bis zum Niveau der Basis des Messingrings eingelassen; der Ring ist unten offen, mit glatten Rändern versehen und seine äussere Wand an irgend einer Stelle von einer Canüle durchbohrt, welche luftdicht eingelötet und mit einem luftdicht schliessenden Hahn versehen ist; an dem äusseren Ende der Canüle ist ein Gummischlauch von 10 cm Länge befestigt. Setzt man nun den Ring auf die Haut auf, zieht bei geöffnetem Hahn die Luft mit dem Munde aus dem Schlauche aus, schliesst den Hahn rasch, so bleibt der Ring infolge des luftverdünnten Raumes, der in seinem Innern entstanden ist, sitzen [3]). Der Schlauch darf nicht von zu dünner

---

[1]) Cf. unten, pag. 50 u. s. f.

[2]) nach dem Principe des Constant. Paul'schen Stethoscops.

[3]) Es empfiehlt sich, vor dem Aufsetzen der Electrode den untern äusseren Rand des Messingrings etwas einzufetten, um das Ansaugen von Luft möglichst zu vermeiden. Tafel II. a, b, c.

Wand sein, da er sonst beim Ausziehen der Luft collabiert. Man kann so von oben ganz bequem Flüssigkeit in den Glascylinder giessen. Der Cylinder ist oben mit einer Messingscheibe bedeckt, welche in ihrer Mitte einen Messingstab umschliesst; letzterer ist unten in das Centrum einer vergoldeten Messingplatte von der Grösse eines Fünfpfennigstücks und der Dicke von 1 mm eingelassen; oben trägt er eine Klemmschraube zur Aufnahme des Leitungsdrahtes; bemerkt sei noch, dass der Messingstab in der als Deckel dienenden Scheibe verschieblich ist, so dass man ihn und die an seinem untern Ende angebrachte Platte beliebig nahe und fern von der Haut halten kann. Der Strom tritt bei dieser Elektrode zuvörderst in die Flüssigkeit und von dieser auf den Körper über.

Die Kathode wurde, wo es nur irgend möglich war, an einer der Anode diametral entgegengesetzten Stelle angebracht. Es wurde immer eine ziemlich grosse Plattenelektrode dazu verwandt, um die Stromdichte zu verringern und dadurch eine allzu grosse Reizung der von der Kathode eingenommenen Hautfläche zu vermeiden.

Da der Widerstand der Haut im Momente des Stromeintritts sehr erheblich ist [1]) und während der Stromwirkung bedeutend abnimmt, so liess sich vom Beginne eines Versuches ein stetiges Wachsen der Stromstärke wahrnehmen, bis sie ein gewisses Maximum erreicht hatte. Dass bei derselben Elementenzahl die schliessliche Stromstärke in verschiedenen Fällen verschieden war, beruht auf der individuell verschiedenen Beschaffenheit der Epidermis.

---

[1]) Gärtner, Med. Jahrbücher 1882, Wien, und: Jolly, Untersuchungen über den electrischen Leitungswiderstand des menschlichen Körpers. Strassburg, 1884.

Zu den ersten Versuchen wählte ich Stoffe, die ich im Urin wieder nachweisen wollte. Um Fehlerquellen zu vermeiden, wurde der Urin der betreffenden Personen immer vorher auf den einzuführenden Stoff untersucht, und nur bei negativem Ergebnisse die Person verwendet.

Der erste Versuch sollte sich auf die kataphorische Einführung von Quecksilber in Gestalt von Sublimat beziehen. Da die Patienten in der Klinik des Herrn Prof. Wolff aber in einer mehr oder weniger mit Quecksilberdämpfen geschwängerten Luft leben, ein Umstand, der für die Entstehung von Fehlerquellen sehr geeignet ist, hatte Herr Prof. Naunyn die Güte, das Material zum ersten und zweiten Versuche zur Verfügung zu stellen.

VERSUCH 1.

Die Anode ist mit 10 cbcm einer Sublimatlösung (1 : 1000) gefüllt und, wie in den folgenden Versuchen, auf die Beugeseite eines Vorderarmes unterhalb des Ellbogengelenkes aufgesetzt, die Kathode an der gegenüberliegenden Stelle der Streckseite. Der Galvanometerausschlag betrug bei einer Zahl von 20 Elementen 2 M-A und hatte nach 12 Minuten sein Maximum mit $3^1/_4$ M-A erreicht. Der Patient verspürte ein Brennen unter beiden Elektroden. Nach einer Stromesdauer von 35 Minuten wurde der Strom geöffnet und der Versuch abgebrochen.

Der von dem Patienten in den nächsten 24 Stunden gelassene Urin wurde nach der von C. Levy*) modificierten Fürbringer'schen Methode auf Hg untersucht; es konnte je-

*) Cf. I-A-D: Hypodermatische Anwendung unlöslicher Quecksilberpräparate zur Behandlung der Syphilis. Strassburg, 1890, pag. 46.

doch keine Spur gefunden werden. Der Harn des zweiten und dritten Tages wurde nach der Methode von Wolff und Nega *) untersucht, nach welcher es gelingt, sehr geringe Spuren Hg im Harne nachzuweisen; trotzdem wurde nichts gefunden.

VERSUCH 2.

Es wurde wieder mit Sublimat und bei derselben Versuchsanordnung experimentiert; jedoch nahm ich eine Lösung von 1 auf 500. Eine concentriertere Lösung wollte ich nicht anwenden, um durch die ätzende Eigenschaft derselben die Integrität der Epidermis nicht zu gefährden. Ich schaltete 25 Elemente ein. Die Stromstärke, welche zuerst 1,5 M-A betrug, nahm noch zu und hatte nach 12 Minuten ihr Maximum, 3 M-A, erreicht. Nach einer Stromesdauer von 50 Minuten wurde der Versuch als beendet angesehen.

Die Untersuchung des Urins der nächsten drei Tage auf Hg nach der Wolff-Nega'schen Methode hatte immer ein negatives Resultat.

VERSUCH 3.

Es sollte Jod in den Körper eingeführt werden. Zu diesem Zwecke wurde eine Jodkalilösung von 1 : 20 genommen. Es wurden 15 Elemente in den Strom eingeschaltet, welche beim Eintritt des Stromes in den Körper eine Stromstärke von 2 M-A erzeugten. Nach 10 Minuten war dieselbe auf 4,5 M-A angewachsen, um nun constant zu bleiben. Der Strom wirkte im ganzen 40 Minuten.

Der nach Beendigung des Versuches untersuchte Urin zeigte keine Jodreaction **). Der Urin der nächsten 3 Stunden zeigte eine, wenn auch nur geringe Reaction.

---

*) Deutsche med. Wochenschr., 1886, Nr. 15 und 16.

**) Zum Nachweise des Jods im Urin bediente ich mich der Chloroformreaction.

VERSUCH 4.

Die mit einer Jodkalilösung (1 : 2) gefüllte Elektrode wurde auf die Beugeseite des rechten Vorderarmes befestigt. 5 Elemente genügten, um eine sofortige Stromstärke von $3^1/_2$ M-A zu erzeugen; das Maximum derselben war $5^3/_4$ M-A nach 15 Minuten. Der ganze Versuch dauerte 35 Minuten.

10 Minuten nach Beendigung des Versuchs gelassener Urin zeigte sehr schwache, der Urin der nächsten 6 Stunden deutliche Jodreaction, darunter ergab die Reaction, welche nach der fünften Stunde gemacht wurde, das deutlichste Resultat.

VERSUCH 5.

Es wurde eine noch stärkere (1 : 1) Jodkalilösung genommen. 10 Elemente ergaben eine Stromstärke von 2 M-A, die nach 15 Minuten ihr Maximum mit 3 M-A erreicht hatte. Dauer des Versuches 1 Stunde.

Der 10 Minuten nach Beendigung des Versuchs gelassene Urin zeigte deutliche Jodreaction, ebenso der in den nächsten 6 Stunden gelassene. In der fünften Stunde zeigte der Urin den stärksten Jodgehalt.

Zu Versuch 3, 4 und 5 wurden Controlversuche in der Art angestellt, dass ich verschiedenen Patienten desselben Saales, in welchem die zu den Versuchen Benützten lagen, eine mit Jodkalilösung gefüllte Schale tagelang auf den Nachttisch setzte und die Leute so lagern liess, dass sie ihr Gesicht der Schale zuwendeten; die Bedingungen zum Einatmen von Jod waren so sehr günstig; trotzdem fand sich in dem Urin derselben nie Jod. In andern Fällen hatte ich die mit Jodkalilösung gefüllte Elektrode appliciert, ohne den Strom hindurchgehen zu lassen. Auch hier konnte im Urin kein Jod nachgewiesen werden.

VERSUCH 6.

Zu diesem Versuche nahm ich Chinin in einer Lösung von 1 : 50. Die damit gefüllte Anode wurde, wie in den vorigen Versuchen, am Arme angebracht, und in den Strom wurden 6 Elemente eingeschaltet. Die Stromstärke, welche sofort 3 M-A. betrug, stieg im Verlauf von 10 Minuten auf $4^1/_2$ M-A. Dauer des ganzen Versuches 40 Minuten.

Der am nächsten Tage auf seine Fluorescenz nach der Kerner'schen *) Methode untersuchte Urin liess kein Chinin ermitteln. Versuche mit concentrierteren Chininlösungen anzustellen, war unmöglich, da das Chinin nur im Verhältnis von 1 : 36 löslich ist.

Die ungünstigen Resultate von Versuch 1, 2, 6 liessen in mir den Gedanken aufkommen, dass die resorbierten Mengen zu geringe seien, was, wie ich unten genauer auseinandersetzen werde, auch wirklich der Fall ist. Ich nahm deshalb jetzt zu solchen Stoffen meine Zuflucht, die entweder local wirken, wie das Cocain, oder in ganz geringen Dosen typische Wirkungen verursachen (Toxica).

VERSUCH 7.

Die Anode wurde mit Cocain gefüllt und auf den Biceps des linken Armes aufgesetzt. Bei einer Zahl von 20 Elementen zeigte die Galvanometernadel sofort $3^1/_2$ M-A an. Das Brennen, das bei den vorhergehenden Versuchen an den Ansatzstellen der Elektroden zu fühlen war, verschwand hier unter der Anode schon nach wenigen Minuten, was jedenfalls schon der

*) Neubauer u. Vogel, Analyse des Harns, Wiesbaden, 1881.

durch die Resorption von Cocain erzeugten Anæsthesie zuzuschreiben ist. Das Maximum der Stromstärke war nach 12 Minuten mit 4½ M-A erreicht. Die Stromdauer betrug im ganzen 25 Minuten. Nach Beendigung des Versuchs war totale Anaesthesie vorhanden; man konnte eine Hautfalte aufheben und quer durchstechen, ohne dass das betreffende Individuum den geringsten Schmerz hatte. Tiefe Stiche fast in der ganzen Länge einer Karlsbader Nadel (2,5—3 cm) wurden nicht gespürt; nur wenn man die Nadel in ihrer ganzen Länge einstach, hatte der Patient in der Tiefe ein dumpfes Gefühl, das er jedoch nicht als Schmerz bezeichnete. Nach 5 Minuten war die Anæsthesie noch in demselben Grade vorhanden; nach 10 Minuten hatte dieselbe schon etwas abgenommen, d. h. sie ging nicht mehr so tief; nach 15 Minuten waren einzelne Stellen nicht mehr so anæsthetisch als andere, an welchen noch auf Nadelstiche von 1 cm kein Schmerz verspürt wurde. Nach 20 Minuten war die Anæsthesie nur noch auf die Hautoberfläche beschränkt; sie ging vielleicht 1, höchstens 2 mm tief. Nach 30 Minuten war sie vollständig geschwunden, ja die Haut war sogar hyperæsthetisch, was aber wahrscheinlich auf Rechnung der durch die vielen Stiche herbeigeführten Hautreizung zu setzen ist.

Um zu beweisen, dass das Cocain nur durch den electrischen Strom in die Haut geleitet war, machte ich folgende Controlversuche:

a) ich setzte die mit Cocain gefüllte Elektrode 30 Minuten lang auf den andern Arm der zu dem Versuche 7 benützten Person, ohne den Strom dieselbe passieren zu lassen; eine Anaesthesie kam dabei nicht zustande;

b) ich füllte die Anode mit Wasser und liess den Strom 30 Minuten hindurchgehen, ohne auch damit einen Erfolg zu erzielen.

VERSUCH 8.

Als Versuchsobject diente ein Kaninchen. Die Anode wurde mit einer Physostigminlösung (0,2 : 100) gefüllt und auf

der Brust des Tieres, die Kathode an der inneren Seite des Oberschenkels einer hinteren Extremität angebracht. Der Strom, in welchen 10 Elemente eingeschaltet waren, ergab einen sofortigen Galvonometerausschlag von 2 M-A; nach 5 Minuten betrug die Stromstärke 3,5 M-A und hatte damit ihr Maximum erreicht. Nach einer Stromesdauer von 20 Minuten trat starke Harnsecretion ein, darauf Durchfälle, die einen so hohen Grad annahmen, dass nach 35 Minuten reiner Darmschleim zum Vorschein kam; die Respiration wurde sehr oberflächlich, weshalb ich nach 50 Minuten den Versuch als beendet ansah. Das Tier war vollständig gelähmt, Pupillenverengerung war nicht eingetreten. Der Zustand der Regungslosigkeit nahm jedoch wieder ab, und in einem Tage hatte sich das Kaninchen wieder erholt.

Controlversuch: Bei einem andern Kaninchen brachte ich die mit einer Physostigminlösung von derselben Concentration wie im vorigen Versuche gefüllte Elektrode ebenfalls auf der Brust an, jedoch ohne den Strom durchgehen zu lassen; es trat keine Erscheinung auf, nur waren nach dem Abschnallen des Tieres von dem Kaninchenhalter die Bewegungen etwas träge, besonders zog es den rechten Hinterfuss beim Laufen nach; doch sind diese Erscheinungen wohl auf das starke Fesseln zu beziehen.

VERSUCH 9.

Ein Kaninchen, dem ich eine mit Strychninlösung (0,1 : 50) gefüllte Elektrode 30 Minuten auf die Brust gesetzt hatte, ohne den Strom hindurchgehen zu lassen, zeigte nicht die geringsten Symptome. Nach 10 Tagen applicierte ich auf dieselbe Art die Elektrode, liess jedoch zugleich den Strom wirken; die Kathode war wie in Versuch 8 appliciert. 13 Elemente erzeugten eine Stromstärke von $1^3/_4$ M-A; das Maximum des Stromes war nach 6 Minuten $3^1/_2$ M-A; nach 7 Minuten wurde das Tier unruhig; nach 10 Minuten war schon eine geringe Erhöhung der Reflexe zu bemerken; nach 20 Minuten waren

die Reflexe in hohem Masse gesteigert, so dass das Tier beim blossen Anblasen von Streckkrämpfen befallen wurde, die sich jedoch wieder legten Nach 25 Minuten trat ein ausgesprochener Tetanusanfall auf, der jedoch wieder nachliess; nach 28 Minuten erneuerte sich derselbe und brachte das Tier nach ganz kurzer Zeit (2 Minuten) um. In dem Blute, sowie den inneren Organen konnte ich kein Strychnin nachweisen.

VERSUCH 10.

Dieser Versuch ist nur eine Wiederholung des vorigen; bemerkt sei, dass hier der Tod erst nach 45 Minuten eintrat; dies dürfte dadurch zu erklären sein, dass das Tier bedeutend stärker als das zu Versuch 9 verwendete war.

Von dem Harne des Kaninchens, den ich ihm sofort nach dem Tode entnommen hatte, injicierte ich einem Frosche den vierten Teil einer Morphiumspritze, und nach ganz kurzer Zeit (1—2 Minuten) bekam derselbe einen Tetanus.

VERSUCH 11.

Es handelt sich um die Resorption von Apomorphin. Zu diesem Zwecke nahm ich einen Hund, dem ich die mit Apomorphin. mur. (0,2 : 10,0) gefüllte Anode in die Gegend der rechten Weiche setzte; die Kathode wurde auf das linke Hinterbein befestigt. Bei einer Zahl von 15 Elementen kam beim Eintritt des Stromes ein Galvanometerausschlag von 2 M-A zu Stande. Nach 7 Minuten betrug die Stromstärke $3^1/_4$ M-A. Das Tier, das anfangs sehr unruhig war, besonders laut geheult hatte, wurde nach 8 bis 9 Minuten plötzlich still, begann zu würgen und erbrach alles, womit es eine Stunde vorher gefüttert worden war.

Zur Controle hatte ich einen Tag vorher die Flüssigkeit an derselben Stelle 30 Minuten lang angebracht, ohne dass Erbrechen erfolgte.

VERSUCH 12.

Einem Manne wurde die mit einer Pilocarpinlösung (1 : 500) gefüllte Anode auf die Beugeseite eines Vorderarmes direct unter dem Ellbogengelenk, die Kathode an der entgegengesetzten Seite appliciert. Bei einer Zahl von 15 Elementen zeigte das Galvanometer 3 M-A; nach 10 Minuten betrug die Stromstärke 3,5 M-A. Der ganze Versuch dauerte 30 Minuten. Das Resultat war negativ, indem der Mann keinerlei Symptome zeigte.

VERSUCH 13.

Dieser Versuch war im wesentlichen nur eine Wiederholung des Versuches 12, jedoch wurde eine stärkere Pilocarpinlösung genommen (1 : 100). Die Stromverhältnisse waren die gleichen wie in Versuch 12. Der Strom wirkte 30 Minuten. Auch hier war das Resultat negativ.

VERSUCH 14.

Ich liess mich durch das negative Resultat des vorigen Versuches dazu bestimmen, eine noch stärkere (1 : 50) Lösung zu nehmen. Elektroden wurden wieder auf die angegebene Weise placiert. Die Zahl von 25 Elementen gab eine sofortige Stromstärke von 3 M-A, die in 12 Minuten auf 4 M-A gestiegen war; obschon der Strom eine Stunde wirkte, war eine sichtliche Wirkung nicht zu bemerken. Allerdings gab mir der Patient nach 45 Minuten *auf Befragen* die Antwort, er glaube etwas zu schwitzen; wahrscheinlich beruht dies aber auf Suggestionen (!). Auch von Speichelfluss war keine Rede.

VERSUCH 15.

Auch bei einer noch stärkeren Lösung von Pilocarpin war das Resultat negativ.

Werfen wir einen Blick auf die Resultate der angeführten Versuche, so finden wir die Angaben von Adamkiewicz, Wagner, Herzog bestätigt, da wir in Versuch 3, 4, 5, 7, 8, 9, 10, 11 die erzielten Resultate augenscheinlich auf eine Resorption der betreffenden Stoffe mit Hilfe des galvanischen Stromes zu beziehen haben; andrerseits müssen wir uns fragen, inwiefern diese bei den Versuchen 1, 2, 6, 12, 13, 14, 15 nicht nachzuweisen war. Es sei hier ausdrücklich betont, dass die Resorption nicht nachweisbar war. Denn dass sie erfolgte, dürfen wir durch Rückschluss aus den gelungenen Versuchen behaupten. Worin liegt nun aber der Grund, dass wir die Resorption in den letztgenannten Versuchen nicht constatieren konnten? Ich glaube sicher, dass er darin zu suchen ist, dass die betreffenden Substanzen in sehr geringer Menge, in minimalen Spuren resorbiert werden. Der Beweis dafür dürfte nicht schwer zu erbringen sein.

Bei den Versuchen, die sich um die Resorption von Quecksilber drehten, enthielt die Electrode (bei einem Volumen von 10 cbcm) im ersteren Falle 0,01 g, im zweiten 0,02 g Sublimat. Stellen wir nun dem den

Versuch von Gärtner und Ehrmann [1]) entgegen, die in einem elektrischen Bade 6 g Sublimat gelöst hatten und davon 0,013 g im Urin nachweisen konnten, also den 461,54. Teil, so wären in unserem zweiten Falle per analogiam 0,0000433 g resorbiert worden, wobei aber noch in Rechnung zu ziehen ist, dass in unserem Falle eine Körperfläche von 8—9 qcm zur Verfügung stand, während bei Ehrmann der ganze Körper den Boden zur Resorption abgab; ja, es ist noch zu berücksichtigen, dass die Urethral-, Rectalöffnung, sowie die Respiration als Momente zu betrachten sind, welche die Resorption unterstützen. Ob diese 3 letztgenannten Factoren ausgeschlossen waren, darüber steht jedenfalls nichts in dem betreffenden Berichte. In unserem Falle dürfte es aber sehr schwer sein, auch mit der feinsten Reaction eine Quecksilbermenge von 0,0000433 g nachzuweisen, wobei wir davon ganz absehen wollen, dass das resorbierte Quecksilber nicht auf einmal im Urin ausgeschieden wird.

Dass die resorbierten Mengen überaus gering sind, lässt sich auch aus den positiv ausgefallenen Versuchen sehr leicht ersehen.

Apomorphin bewirkt in einer Gabe [2]) von 0,001 g bei einem Hunde nach 2—3 Minuten Erbrechen. In unserem Falle enthielt die Elektrode 0,2 g, also 200 mal mehr; trotzdem erfolgte das Erbrechen erst nach 10 Minuten.

Strychnin kann beim Menschen schon in einer Gabe von 0,03 g zum Tode führen [3]); bei unserem Versuche enthielt die Anode 0,02 g; dabei dauerte es in

---

[1]) Cf. o. pag. 33.

[2]) s. Schmiedeberg, Arzneimittellehre, Leipzig 1888, pag. 83.

[3]) cf. ibid. pag. 45.

einem Falle 30 Minuten, im andern 45 Minuten, bis ein Kaninchen *von 6—7 Pfund* zu Grunde ging.

Bei Physostigmin[1]), wovon die tötliche Gabe pro Kilogramm Säugetier 0,005 g beträgt, traten nach letzterer Dose nur schwere Erscheinungen auf. Das Tier erholte sich sogar vollkommen wieder.

Ein anderer Beweis für die geringe Menge der resorbierten Flüssigkeit ist auch der Umstand, dass eine Abnahme der Flüssigkeit nie zu bemerken war.

Die frappierende Wirkung des Cocains erklärt sich dadurch, dass sie eine locale ist. Wären grössere Mengen resorbiert worden, so wären neben der Anæsthesie jedenfalls auch Allgemeinerscheinungen aufgetreten.

Ich lasse eine Reihe von Versuchen folgen, welche den Zweck haben sollten, die Grösse der Stromstärke zu ermitteln, bei der eine Kataphorese vor sich gehen kann. Ich wählte zu diesen Versuchen das Cocain, da an der eingetretenen Anæsthesie die stattgehabte Resorption am besten zu constatieren ist. Jeder der Versuche dauerte 20 Minuten. Die Elektroden wurden immer am Arm an 2 gegenüberliegenden Stellen befestigt. Die Versuche machte ich sämtlich an mir selbst.

VERSUCH 16.

20 Elemente ergaben eine Stromstärke von 1,5 M-A, welche nach 16 Minuten auf $3^1/_4$ M-A angewachsen war. Nach Beendigung des Versuches bestand totale Anæsthesie sowohl für

[1]) cf. ibid. pag. 81.

tiefe Stiche in ganzer Länge der Nadel, als auch für Querstiche durch die Haut. Die Anæsthesie war 30 Minuten nach Beendigung des Versuches geschwunden.

VERSUCH 17.

Mit 18 Elementen wurde eine Stromstärke von 1,25 M-A erzielt. Nach 16 Minuten betrug dieselbe 2,5 M-A. Nach Aufheben des Versuches bestand tiefe Anæsthesie sowohl für Querstiche durch die Haut als auch für tiefe Stiche. Nach 25 Minuten war die Anæsthesie wieder verschwunden.

VERSUCH 18.

Bei 15 Elementen betrug der Galvanometerausschlag 1 M-A. Nach 17 Minuten betrug die Stromstärke 2 M-A. Nach Schluss des Versuches bestand tiefe Anæsthesie, die allmählich abblasst und nach 20 Minuten der normalen Sensibilität Platz macht.

VERSUCH 19.

13 Elemente erzeugten bei Eintritt des Stromes in den Körper eine Stromstärke von $^3/_4$ M-A. Nach 14 Minuten betrug sie $1^1/_2$ M-A. Die nach Aufheben des Versuches bestehende Anæsthesie währte aussergewöhnlich lange (?). Nach 35 Min. bestand sie noch ganz oberflächlich.

VERSUCH 20.

Bei einer Zahl von 12 Elementen wuchs die Stromstärke von $^3/_4$ M-A innerhalb 12 Minuten auf $1^1/_4$ M-A. Die Anæsthesie war nicht sehr tief, doch ging sie reichlich durch die Cutis, denn man konnte eine aufgehobene Hautfalte, ohne den geringsten Schmerz hervorzurufen, durchstechen. Nach 10 Minuten war die Anæsthesie noch sehr gering und oberflächlich und nach 15 Minuten ganz geschwunden.

VERSUCH 21.

Bei einer Zahl von 11 Elementen zeigt das Galvanometer $^1/_2$ M-A. Der Strom war nach 14 Minuten anf 1 M-A angewachsen. Nach Beendigung des Versuches sind oberflächliche Nadelstiche nicht fühlbar, jedoch schon in einer Tiefe von 2 mm. Querstiche durch die Haut werden als dumpfer Schmerz empfunden. Nach 10 Minuten war die Haut hinsichtlich der Sensibilität vollständig normal.

VERSUCH 22.

10 Elemente erzeugten eine Stromstärke von $^1/_4$ M-A. Nach 12 Minuten betrug sie $^1/_2$ M-A. Nach Beendigung des Versuches bestand keine Anæsthesie, sondern nur pelziges Gefühl auf der betreffenden Hautstelle.

Ich wiederholte jeden Versuch, wobei sich immer das annähernd gleiche Resultat ergab mit Ausnahme der Wiederholung von Versuch 19, bei der die Anæsthesie nur 20 Minuten dauerte.

Aus Versuch 16—22 ergiebt sich, dass ganz geringe Ströme ausreichen, um eine Kataphorese in Gang zu setzen. Die geringste dazu brauchbare Stromstärke beträgt 1 M-A. In der verschiedenen Dauer der Anæsthesie bei den einzelnen Versuchen sehen wir die Annahme Wiedemann's [1]) bestätigt, dass die in der Zeiteinheit fortgeführte Flüssigkeitsmenge der Intensität des angewandten galvanischen Stromes direct proportional ist.

---

[1]) Cf. o. pag. 19.

Der Behauptung Wiedemann's[1]), dass die Menge der durch den Strom fortgeführten Flüssigkeit umso grösser sei, je geringer das Leitungsvermögen der Flüssigkeit, schloss sich, wie wir gesehen haben[2]), auch Wagner[1]) an. Dem trat nun Herzog[3]) gegenüber, indem er jene Behauptung für direct falsch erklärte. Diese Meinungsverschiedenheit bestimmte mich, selbst diesbezügliche Versuche anzustellen. Da ich in sämtlichen bis jetzt angestellten Versuchen mit gut leitenden Flüssigkeiten gearbeitet und mich davon überzeugt hatte, dass solche sehr wohl resorbiert würden, so nahm ich jetzt eine Flüssigkeit, die gar nicht leitet, Chloroform.

VERSUCH 23.

Ich applicierte die zuerst beschriebene (capillar ausgezogene) Elektrode mit Chloroform gefüllt auf einen Oberschenkel. Das Galvanometer gab bei einer Zahl von 25 Elementen eine Stromstärke von $2^1/_2$ M-A, die sich im Verlauf von 10 Minuten auf $3^1/_2$ M-A steigerte. Nach einer Stromesdauer von 25 Min. war die betreffende Hautstelle eher etwas hyperæsthetisch als anæsthetisch und im Zustande starker Reizung; die Epidermis war in einzelnen Bläschen abgehoben.

Es ist anzunehmen, dass der Strom gar nicht durch die Flüssigkeit ging, sondern durch Vermittlung des die Elektrode umschliessenden Messingrings den Körper passiert hatte, welche Annahme der folgende Versuch bestätigte.

VERSUCH 24.

Ich bediente mich hier der als zweiten beschriebenen Saugelektrode, bei welcher der Strom zuerst die Flüssigkeit

[1]) Cf. o. pag. 32.
[2]) Cf. o. pag. 32.
[3]) Cf. o. S. 20.

passieren muss, um von hier auf den Körper überzugehen. Nachdem ich sie mit Chloroform gefüllt hatte, brachte ich bei einer Zahl von 30 Elementen, obschon ich die Platte im Innern der Electrode fast bis zur Berührung mit der Haut hinabgeschoben hatte, keinen Galvanometerausschlag zustande.

VERSUCH 25.

Ich tränkte eine mit Leinwand überzogene, trockene Plattenelectrode durch und durch mit Chloroform, ohne auch hier bei einer Zahl von 30 Elementen dem Strom eine Passage durch den Körper verschaffen zu können.

VERSUCH 26.

Ich durchtränkte eine mit Leiwand überzogene Plattenelectrode mit Wasser, drückte sie gehörig aus und goss dann Chloroform auf. Nunmehr erhielt ich bei einer Zahl von 20 Elementen einen Ausschlag von 2 M-A, der in 10 Minuten auf 3 M-A angestiegen war. Nach einer Stromesdauer von 30 Min. war die von der Anode eingenommen gewesene Stelle sehr stark geröthet; Anæsthesie war allerdings vorhanden, beschränkte sich jedoch nur auf die Oberfläche; tiefere Stiche wurden gefühlt; nach 8 Minuten hatte die Anæsthesie einer Hyperæsthesie Platz gemacht. Bis zum nächsten Tage war die Haut der betreffenden Stelle in einer Blase abgehoben.

Als Gegenstück zu diesen Versuchen will ich folgenden anführen.

VERSUCH 27.

Die Saugelectrode wurde mit einer Cocainlösung (2 : 100 gefüllt; 25 Elemente ergaben eine Stromstärke von 2 M-A, die in 10 Minuten auf $3^1/_4$ M-A angestiegen war. Nach 12 Minuten wurde der Versuch abgebrochen und eine totale Anæsthesie constatiert.

Aus den Versuchen 23—27 geht hervor, dass *nicht* leitende Flüssigkeiten zur Ueberführung in den Körper auf dem Wege der Kataphorese unbrauchbar sind. Das positive Resultat in Versuch 26 ist wohl folgendermassen zu erklären. Der Galvanometerausschlag kam nur durch Vermittlung des in der Electrode enthaltenen Wassers zu Stande, das auf seinem Wege durch die Haut die Chloroformpartikelchen dann mitgerissen haben dürfte. Es ist aber auch nicht ausgeschlossen, dass die Resorption der durch das Chloroform entstandenen Hautreizung zuzuschreiben ist, insofern als mit letzterer eine Schädigung der Epidermis meist verbunden ist; ausserdem wird schon das Aufdrücken der Plattenelectrode unter Umständen die Oberhaut nicht ganz intact lassen. Die von uns benützten Electroden beseitigen diesen Uebelstand vollständig, indem die Flüssigkeit direct mit der Haut in Berührung kommt, und thatsächlich sahen wir auch nie eine Reizung der Hautstellen auftreten, auf welchen die Electroden placiert waren, es sei denn an der Peripherie, wo der Ring aufsass, und auch das nur bei langer Versuchsdauer. Doch war ja gerade die gereizte Stelle von dem Ring bedeckt und konnte so mit der Flüssigkeit nicht im Berührung kommen.

Aber selbst abgesehen davon, sind die von uns benützten Hohlelectroden zu derartigen Versuchen vorzuziehen, weil die Resorption bei ihrer Anwendung bedeutend erleichtert ist; denn beim Gebrauche einer Plattenelectrode, welche die zu resorbierende Flüssigkeit in ihrem Ueberzuge enthält oder einer mit einer Membran verschlossenen Hohlelectrode muss der Strom eine doppelte Arbeit leisten. Erstlich muss er die Flüssigkeit durch die Membran, resp. aus dem Ueberzuge der Plattenelectrode ziehen, und zweitens noch durch

die menschliche Haut befördern. Die Versuche, die zum Beweis dafür von mir angestellt wurden, bestätigen dies vollkommen:

VERSUCH 28.

Die capillar ausgezogene Electrode wurde, mit einer 2 %igen Cocainlösung gefüllt, mit einer Membran verschlossen und als Anode auf den Biceps des rechten Armes gesetzt, die Kathode auf die Streckseite. 15 Elemente erzeugten eine Stromstärke von 2 M-A, die nach 15 Minuten ihr Maximum mit 3,5 M-A erreicht hatte. Nach einer Stromesdauer von 20 Minuten ergab sich totale Anæsthesie, welche aber nach 6 Minuten wieder geschwunden war.

VERSUCH 29.

Es bestand dieselbe Versuchsanordnung, nur wollte ich einen stärkeren Strom nehmen. Eine Zahl von 20 Elementen ergab eine Stromstärke von 3 M-A, welche nach 15 Minuten ihr Maximum 4, 5 M-A erreicht hatte. Der Versuch dauerte 25 Minuten. Es bestand nach Abnahme der Electrode auf dem von ihr eingenommen gewesenen Felde totale Anæsthesie sowohl für tiefe Stiche als auch für Querstiche durch die Haut. Nach 5 Minuten schon war die Anæsthesie ganz oberflächlich, für Querstiche überhaupt geschwunden. Nach 8 Minuten war sie vollständig geschwunden.

Halten wir dem das Resultat aus Versuch 7 entgegen, wo wir es mit derselben Stromstärke wie in

Versuch 29, zu thun haben; so glauben wir, unsere obige Ansicht durch diese Versuche begründet zu haben.

So erfreulich die Thatsache ist, dass man mit Hilfe des constanten Stromes der Haut künstlich eine Function erteilen kann, die ihr physiologischer Weise abgeht, so ist es zu bedauern, dass nicht die ganze Hülle des menschlichen Körpers dieses Vorteils teilhaftig ist, sondern dass einzelne Körperregionen, allerdings verhältnismässig kleine, desselben entweder vollständig oder in geringerem Grade entbehren. Die folgende Versuchsreihe soll uns darüber belehren. Ich wählte wieder das Cocain aus dem auf S. 45 angegebenen Grunde.

Die Versuche, welche ich am ganzen Rumpfe, Hals, anstellte, lieferten alle ein positives Resultat; ebenso die an den Extremitäten mit Ausnahme der an den Händen und Füssen angestellten. Auch am Gesicht ergaben die Experimente eine geringe Ausnahme von der Regel. Ich lasse nur die Versuche folgen, welche diese abweichenden Ergebnisse lieferten. Natürlicherweise machte ich die Versuche zu wiederholten Malen, um zu sehen, dass die Resorptionsunfähigkeit wirklich nur auf die betreffende Stelle localisiert sei und nicht auf etwaigen Fehlern beruhte, die sich ja leicht in einen Versuch einschleichen können.

VERSUCH 30.

Die mit Cocainlösung gefüllte Elektrode wurde auf die Mitte der vola manus aufgesetzt, die Kathode, wie auch in den folgenden Versuchen, auf die Streckseite des Unterarmes. 25 Elemente erzeugten eine sofortige Stromstärke von $3^1/_4$ M-A, welche bald mit 4 M-A ihr Maximum erreicht hatte. Nach einer Stromesdauer von 20 Minuten war keine Spur von Anæsthesie zu bemerken, ja, die Empfindlichkeit der Haut schien gesteigert zu sein.

VERSUCH 31.

Die Anode wurde auf den Daumenballen aufgesetzt. Die Stromverhältnisse waren die gleichen wie im vorigen Versuche, ebenso die Dauer der Stromwirkung; das Resultat war negativ. Keine Spur von Anæsthesie.

VERSUCH 32.

Die Anode wurde auf den Kleinfingerballen aufgesetzt; Stromesdauer und Stromstärke wiederum die gleiche als in den beiden vorhergehenden Versuchen. Es ergab sich dasselbe negative Resultat.

VERSUCH 33.

Dr. O. steckte einen Finger in ein mit Cocainlösuug gefülltes Becherglas, das zur Anode des constanten Stromes gemacht worden war. Die Kathode war an der Flexionseite des Oberarms angebracht (auch in dem folgenden Versuche). Der

Strom wirkte bei einer Zahl von 25 Elementen und einer Stärke von 2—2,5 M-A *) 20 Minuten. Das Resultat war folgendes:

Die Flexionsseite des Fingers hattte gar nichts resorbiert, die zweite und dritte Phalange der Streckseite boten ein Gefühl der Abgestumpftheit, stellenweise deutliche Anæsthesie. Die erste Phalange (Streckseite) war gleichmässig anæsthetisch, jedoch nicht so tief, wie wir es in den Versuchen gesehen haben, welche an andern Stellen angestellt waren.

VERSUCH 34.

Die mit Cocain gefüllte Anode wurde auf die Dorsalseite der Hand appliciert. Die Stromstärke betrug bei einer Zahl von 18 Elementen schliesslich 2,5 M-A. Nach einer Stromesdauer von 20 Minuten war eine vollständige Anæsthesie zu constatieren, die jedoch an Tiefe den an andern Körperstellen erzeugten nachstand; sie ging nur auf 3—4 mm in die Tiefe.

Aus diesen Versuchen (30—34) lässt sich der Schluss ziehen, dass die vola manus, sowie die Flexionsseite der Finger *gar nicht*, die Streckseite der zweiten und dritten Phalangen *in sehr geringem Grade*, die Streckseite der ersten Phalange, sowie das Dorsum der Hand *in mässigem Grade* durch den electrischen Strom resorptionsfähig gemacht werden kann.

*) d. h. von 2 bis 2,5 M-A ansteigend.

Aehnlich liegen die Verhältnisse an der untern Extremität. Die folgende Versuchsreihe soll uns darüber aufklären.

VERSUCH 35.

Die mit Cocainlösung gefüllte Anode wurde auf die Mitte der planta pedis aufgesetzt, die Kathode auf die Streckseite des Fusses; letztere ebenso in Versuch 36 und 37. Eine Zahl von 25 Elementen gab einen Ausschlag von 2 M-A, der in fünf Minuten sein Maximum mit $2^3/_4$ M-A erreicht hatte. Der Versuch währte 25 Minuten. Als Resultat ergab sich, dass keine Resorption erfolgt war.

VERSUCH 36.

Es wurde unter denselben Stromverhältnissen die gleichlange Zeit wie in vorigem Versuche auf dem grossen Zehenballen operiert; es ergab sich dasselbe Resultat wie in dem vorigen Versuche.

VERSUCH 37.

Die Application der Anode erfolgte an der Ferse unter annähernd gleichen Stromverhältnissen wie in den vorigen Versuchen. Das Resultat war negativ.

VERSUCH 38.

Die Anode wurde auf den Fussrücken, die Kathode auf die Fusssohle gesetzt. Stromverhältnisse gleich denen in den vorigen Versuchen. Nach einer Stromesdauer von 25 Minuten war eine Anæsthesie zu constatieren, welche deutlich ausgesprochen war, jedoch sich nicht sehr weit in die Tiefe erstreckte.

VERSUCH 39.

Die grosse und die zweite Zehe wurden mit einer Plattenelectrode bedeckt, die zur Anode des Stromes gemacht und mit einer Cocainlösung durch und durch imprägniert war. Bei denselben Stromverhältnissen wie in den vorigen Versuchen und der gleichen Versuchszeit ergab sich als Resultat, dass die ersten Phalangen eine Anæsthesie zeigten, welche der in dem vorigen Versuche beschriebenen gleichkam. Die zweite und dritte Phalange jedoch boten nur ein Gefühl der Abgestumpftheit.

Die Versuchsreihe 35—39 ergibt also, dass die die *planta pedis* der kataphorischen Wirkung des constanten Stromes *entbehrt*, ferner, dass die Haut über der zweiten und dritten Phalange der Streckseite *in sehr beschränktem Masse*, die Grundphalange sowie das Dorsum des Fusses *mässig* durch den constanten Strom resorptionsfähig gemacht werden kann.

Die im Gesichte angestellten Versuche ergaben überall ein positives Resultat mit Ausnahme des folgenden:

VERSUCH 40.

Die Kathode wurde in den Nacken gesetzt; ein Glascylinder von 5 cm Länge und 1 cm Durchmesser auf einen Nasenflügel appliciert; nachdem dieser Cylinder mit Cocainlösung gefüllt war, wurde ein mit dem positiven Pole verbundener Platindraht hineingehängt, jedoch so, dass er von der Haut noch einen Ab-

stand von 5 mm hatte. Eine Zahl von 10 Elementen erzeugte eine Stromstärke von 2 M-A, welche nach zehn Minuten auf 3,5 M-A gestiegen war. Nach einer Versuchszeit von 20 Min. war nur ein Gefühl der Abgestumpftheit zu constatieren, welches in kürzester Zeit der normalen Sensibilität Platz machte.

Auf Grund der Resultate von Versuch 30—40 kann also:

1) Planta pedis und vola manus *gar nicht,*
2) die zweiten und dritten Phalangen der Streckseite von Hand und Fuss, sowie die Nasenflügel *in sehr geringem Grade,*
3) das übrige Dorsum von Hand und Fuss *mässig,*
4) die übrige Körperoberfläche mit Hilfe des constanten Stromes *vollständig* resorptionsfähig gemacht werden.

Warum die Hohlhand und Fussohle diese Eigenschaft gar nicht, die zweite und dritte Phalange der Streckseite, Nasenflügel dieselbe nur in geringem Grade haben, dafür eine Erklärung zu bringen, ist uns leider nicht gelungen. Vieleicht ist die relative Dicke der Epidermis an diesen Teilen Schuld daran [1]).

Schliesslich interessiert uns noch die Frage, auf welchem Wege der constante Strom die betreffenden Substanzen in die Haut transportiere. Ueber diesen Punkt konnten wir nur *eine* Literaturangabe finden: Ehrmann [2]) glaubte die Frage zu lösen, indem er in zwei

[1]) Cf. u. pag. 63.

[2]) S. Wiener Medic. Wochenschr. 1890, No. 5.

gleich grosse Glassgefässe, deren Böden Zinkplatten als Electroden bildeten, eine mässig verdünnte Lösung von Methylenblau brachte. Die Versuchsperson streckte dann in jedes der beiden Gefässe je eine Hand, und nach einer Stromesdauer von 5 bis 10 Minuten bei einer Stärke von 10 bis 20 M-A zeigte sich die Hand, welche in dem als Anode dienenden Gefässe war, besät von unzähligen blauen Punkten, welche den kleineren Haaren entsprachen. Ehrmann schliesst daraus, dass die Resorption von den Talgfollikelmündungen aus statthabe, aber nur da, wo diese nicht auf grössere Tiefe hin von verhornten Zellen umlagert sind, wie dies bei den stärkeren Haaren der Fall sei.

Im Anschluss an diese Angabe machten wir diesbezügliche Versuche:

VERSUCH 41.

Eine 2 %ige Cocainlösung wird mit Pyoktanin gefärbt, die mit dieser Flüssigkeit gefüllte Anode auf die Mitte der Flexionsseite meines linken Vorderarmes aufgesetzt, die Kathode auf die Streckseite desselben. Es wurden 20 Elemente eingeschaltet und es ergab sich sofort eine Stromstärke von 2 M-A. Nach 14 Minuten betrug sie 3,25 M-A. Nachdem der Strom 30 Minuten gewirkt hatte, wurde das Stück Haut, das von der Anode bedeckt gewesen war, excidiert; *dabei verspürte ich nicht den geringsten Schmerz. Auch die Anlage der Naht geschah absolut schmerzlos.*

Das excidierte Hautstück wurde sofort microscopisch untersucht, und dabei zeigte sich folgendes: Die Färbung ging gleichmässig in die Tiefe, jedoch

überschritt sie das rete Malpighi nicht. An einzelnen Haaren entlang ging die Färbung etwas tiefer; in den Talgdrüsen war keine Färbung zu bemerken.

Wir schlossen nicht aus, dass bei längerer Stromwirkung und stärkerem Strome die Farbe nach tieferen Schichten getragen werden könnte. Deshalb wurde folgender Versuch angestellt:

VERSUCH 42.

Es wurde dieselbe Flüssigkeit wie im vorigen Versuch genommen; die damit gefüllte Anode am Oberschenkel 5 cm über der pastella aufgesetzt. Der Strom betrug bei einer Zahl von 15 Elementen zuerst 2 M-A, nach 15 Minuten 4,25 M-A. Der Strom wirkte eine Stunde und 15 Minuten. Das betreffende Hautstück wurde excidiert und dabei keinerlei Schmerz von dem betreffenden Indiduum verspürt. Die microscopische Untersuchung hatte fast dasselbe Resultat wie in Versuch 41: Die Blaufärbung bis zum rete Malpighi, nur war sie jetzt überall von der gleichen Tiefe, auch an den Haaren ging sie nicht weiter.

VERSUCH 43,

wo wir Goldchloridlösung und darauf Cocain einführten, hatte denselben Erfolg.

Der Umstand, dass die Excission, wobei der Schnitt jedesmal bis in den panniculus geführt wurde, immer schmerzlos war, beweist, dass das Cocain tiefer gedrungen ist als die Farbe, und es hat den Anschein, dass ersteres extrahiert worden sei, letztere trotz der starken Verdünnung immer noch corpusculäre Elemente darstellend im Gewebe zurückgehalten wurde. Ich entschloss mich deshalb zu folgendem Versuche:

VERSUCH 44.

Eine 2 %ige Lösung von argent. nitric. wurde so stark mit Wasser verdünnt, dass nach einer längeren Application derselben auf die Haut sich keine Spur eines Schorfes zeigte. Dann füllte ich die Elektrode damit und brachte sie als Anode auf der Mitte des Oberschenkels an. Nachdem ich $^1/_2$ Stunde lang einen Strom von 4,25 M-A durchgeleitet hatte, wurde das betreffende Hautstück excidiert. Die angefertigen mikroskopischen Schnitte wurden in eine Kochsalzlösung gebracht und längere Zeit dem Lichte ausgesetzt. Die Untersuchung ergab eine mosaikähnliche Zeichnung, die bis zum rete Malpighi ging; nur die Intercellularsubstanz war gefärbt; die Haare liessen nichts besonderes erkennen.

Dass die Tingierung nie weiter als bis zur Cutis ging, lässt sich vielleicht dadurch erklären, dass die Substanzen, sobald sie in die Nähe der Cutis kamen, von der Blutbahn ergriffen und weitergeführt wurden. Dass die Stellen, die *zwischen* zwei Haaren gelegen waren, in allen Versuchen gerade so stark gefärbt waren, als die *um* die Haare (das Ergebnis von Versuch 41, wo das Eindringen um manche Haare herum auf eine etwas tiefere Strecke stattfand, ist vielleicht auf abnorme Verhältnisse zurückzuführen, da es sich in den Versuchen 42, 43, 44 nie mehr zeigte), dürfte als Beweis dienen, dass die Haare und die damit verbundenen Drüsenausführungsgänge kein besonderes Moment für die Resorption abgeben. Schweissdrüsen dürfen wir von vorn herein ausschliessen, da sie vermöge ihrer spiraligen Beschaffenheit im Bereiche der Epidermis zur Aufnahme von Substanzen ungeeignet sind, wenn

nicht ein besonderer mechanischer Druck wirkt, was bei unserer Applicationsmethode nicht der Fall ist. Dass die Schweissdrüsen nicht beteiligt sind, beweist auch das Resorptionsunvermögen von vola manus und planta pedis, wo Schweissdrüsen in massenhafter Anzahl vorhanden sind.

Ausgeschlossen ist auch nicht, dass durch den electrischen Strom die Schweissecretion angeregt wird und dadurch der Resorption eine Schranke gesetzt werden kann.

Dass die Talgdrüsen ebenso wenig zu dieser Art von Resorption geeignet sind, weil sie doch immer mehr oder minder harte Secretmassen enthalten, welche ihr Lumen vollständig ausfüllen, ist ebenfalls einleuchtend und wird durch Versuch 40 bekräftigt; die Nasenflügel enthalten ja bekanntlich sehr viele Talgdrüsen.

Wir glauben, besonders gestützt auf Versuch 44, dass der Strom die zu resorbierenden Substanzen zwischen den Epidermiszellen hindurch in die Tiefe bringt. Ich glaube diese Annahme dadurch beweisen zu können, dass ich Versuche an Körperstellen machte, die wohl mit Epidermis bedeckt sind, aber der Drüsen und besonders der Haare entbehren.

Ich lasse die diesbezüglichen Versuche mit Controlversuchen, die ich beide mehrere Male mit demselben Resultate wiederholte, hier folgen.

VERSUCH 45.

a) Ich setzte eine mit einer 2 %igen Cocainlösung gefüllte Elektrode 30 Minuten auf das äussere Præputialblatt, ohne den Strom hindurchgehen zu lassen. Obschon die Epidermis hier sehr dünn ist, kam doch keine Anæsthesie zustande.

b) Ich machte die Elektrode zur Anode, applicierte die Kathode über dem Kreuzbein und liess einen Strom von 2,5 M-A durchgehen. Das Resultat war: Vollständige Anæsthesie, welche erst nach 15 Minuten allmählich verklang.

VERSUCH 46.

Durch die Güte des Herrn Professor Naunyn wurde mir ein 35jähriger Mann zur Verfügung gestellt, der sich in seiner frühesten Jugend auf dem Rücken eine grosse Brandnarbe zugezogen hatte, welche vom Kreuzbein bis zum Anfang der Brustwirbelsäule reichte. Da bei Hautnarben Drüsen und Haare verödet sind, die Epidermis aber sich wieder regeneriert hat und anzunehmen ist, dass letzteres nach so langer Zeit wieder in umfassendem Masse geschehen, so glaubte ich dies gut verwerten zu können.

a) Die Elektrode wurde mit Cocain gefüllt, eine halbe Stunde lang auf die Mitte der Narbe gesetzt, ohne dass der Strom hindurchging. Nachdem die Zeit abgelaufen, war keine Anæsthesie zu constatieren.

b) Ich applicierte nun die Elecktrode ein wenig unterhalb dieser Stelle, damit nicht die bei der Prüfung der Sensensibilität auf das letzte Versuchsfeld gesetzten Nadelstiche eine Quelle zur Resorption schüfen und liess den Strom bei einer Stärke von 3,5 M-A 20 Minuten hindurchgehen. Die Kathode sass auf dem Bauche. Nach Beendigung des Versuchs bestand vollständige Anæsthesie, welche nach 25 Minnten wieder abblasste.

Auf Grund dieser Thatsachen dürfen wir annehmen, dass der Strom die Macht hat, Flüssigkeiten zwischen den Zellen der Epidermis hindurchzuleiten, wobei letztere natürlich sich mit der betreffenden Flüssigkeit imbibieren. wie dies in den Versuchen 41, 42, 43 geschah. In Versuch 44 war dies nicht der Fall, weil das argent.

nitric. in so dünner Lösung nur die Zwischensubstanz färbt; jedenfalls brauchen Haare und Drüsen bei dem Zustandekommen der Resorption mittelst Kataphorese nicht wesentlich beteiligt zu sein. Vielleicht ist die verhältnismässige Dicke der Epidermis an planta pedis und vola manus mit Schuld daran, dass an diesen Stellen nichts resorbiert wird, doch dürften noch andre Momente mitspielen.

Fassen wir die Hauptpunkte dessen, was wir in diesen Betrachtungen gefunden, zusammen, so ergiebt sich:

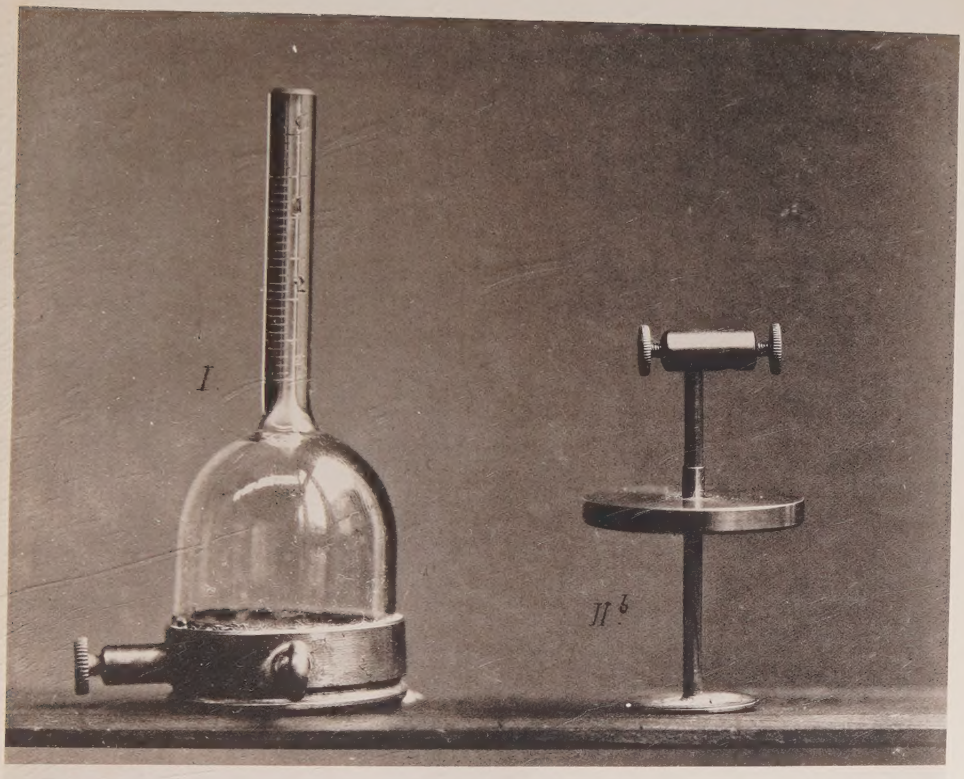
1) Die intacte menschliche Haut, die normalerweise nicht resorptionsfähig ist, kann durch die kataphorische Wirkung des constanten Stromes resorptionsfähig gemacht werden.
2) Die betreffenden Stoffe werden auf diese Weise *nur in minimaler Dosis* resorbiert.
3) *Ganz geringe Stromstärken* (bis zu 1 M-A) vermitteln die Resorption.
4) Eine Substanz wird umso besser resorbiert, je *grösser* ihr electrisches Leitungsvermögen ist.
5) Wenn die zu resorbierende Flüssigkeit *direct* in Contact mit der Haut kommt, kommt die Resorption eher zustande, als wenn sie durch ein Medium (tierische Blase) von ihr getrennt ist.
6) Nicht die ganze Oberfläche des menschlichen Körpers ist geeignet, mit Hilfe des constanten Stromes permeabel gemacht zu werden. Eine

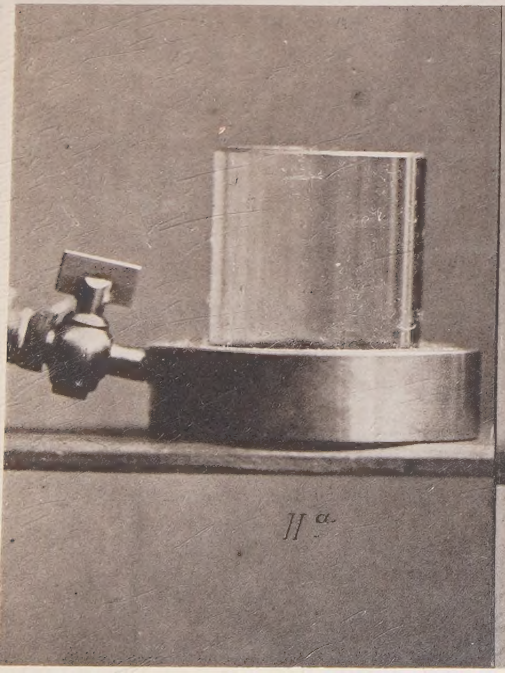
vollständige Ausnahme machen planta pedis, vola manus; die Streckseiten der 2. und 3. Phalange von Hand und Fuss, sowie die Nasenflügel resorbieren in sehr geringem Grade, das übrige Dorsum von Hand und Fuss mässig.

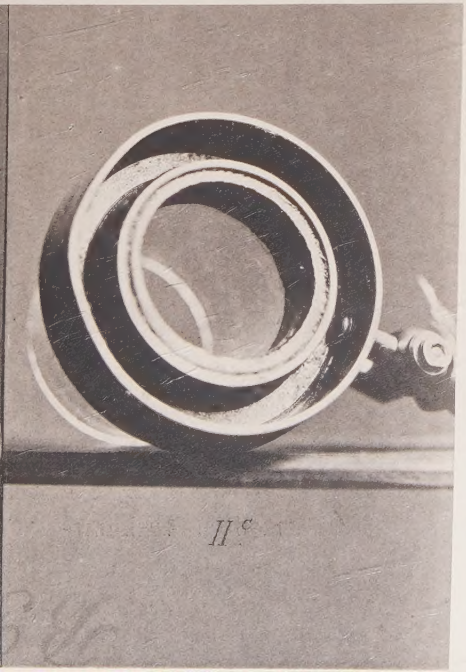
7) Der Strom treibt die aufzunehmenden Flüssigkeiten zwischen den einzelnen Zellen hindurch in die Tiefe.

Das Verfahren wurde in jüngster Zeit in der Klinik des Herrn Prof. Wolff in Anwendung gezogen, um zur Ausführung kleinerer Operationen durch Kataphorese von Cocain eine locale Anæsthesie zu erzeugen. Dies gelang in allen Fällen; doch ist es, wie oben schon bemerkt, zu bedauern, dass nicht auf der ganzen Körperoberfläche von dieser Methode Gebrauch gemacht werden kann, sondern dass gerade an den Stellen, wo verhältnismässig oft kleinere chirurgische Eingriffe stattfinden, die Kataphorese ein Ding der Unmöglichkeit ist.

Am Schlusse dieser Arbeit angelangt, ist es mir angenehme Pflicht, Herrn Professor Dr. Wolff für die Ueberlassung dieses so interessanten Themas meinen herzlichsten Dank auszusprechen, ebenso Herrn Prof. Dr. Goltz für die liebenswürdige Uebernahme des Referates, sowie Herrn Prof. Dr. Naunyn für die liebenswürdige Ueberlassung des zu einigen Versuchen benützten Krankenmaterials. Danken möchte ich auch den Herren Dr. Löb und Dr. Oppenheimer für die mir erteilten Auskünfte.


I
II b


II a


II c